

# TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Sähkötekniikan osasto

Marko Parkkinen

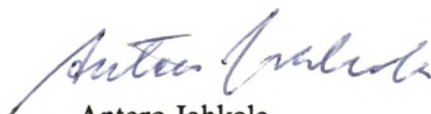
## SÄHKÖLÄMMITYS TULEVAISUUDEN PIENTALOISSA

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa

TKK SÄHKÖTEKNIIKAN  
OSASTON KIRJASTO  
OTAKAARI 5 A  
02150 ESPOO

19845

Työn valvoja:

  
Antero Jahkola

Työn ohjaaja:

  
Jaana Rosendahl

Tekijä: Marko Parkkinen	
Työn nimi: Sähkölämmitys tulevaisuuden pientaloissa	
Päivämäärä: 15.3.1994	Sivumäärä: 78
Osasto: Sähkötekniikan osasto	
Professuuri: Energiatalous ja voimalaitosoppi	
Työn valvoja: Professori Antero Jahkola	
Työn ohjaaja: Diplomi-insinööri Jaana Rosendahl	
<p>Työssä tarkasteltiin pientalojen sähkölämmityksen aseman kehittymistä vuoteen 2010 ulottuvalla tarkastelujaksolla.</p> <p>Pientalojen sähkölämmityksen tilanteesta ulkomailla tehtiin suppea tutkimus lähettämällä Ruotsin, Norjan, Tanskan, Kanadan, Ranskan ja Saksan sähkölaitosyhdistyksille kyselykirje. Kirjallisuus- ja haastattelututkimusten pohjalta laadittiin kolme pientalojen lämmityksen skenaariota, matalaenergia, rauhallinen kehitys ja vihreä kumous, joiden pohjalta tarkasteltiin lämmitysmuodon tulevaisuuden valintatekijöitä. Pientalorakentajien lämmitysmuodon valinnan kehitystä seurattiin Rakennustutkimus RTS Oy:n vuosittain pientalorakentajista tekemän tutkimussarjan nojalla. Excel taulukkolaskentaohjelmalla tehtiin pientalojen energiakustannuksista laskentamalli, jolla suoritettiin herkkyystarkasteluja eri tekijöiden vaikutuksesta lämmitysmuotojen väliseen hintakilpailukykyyn.</p> <p>Pientalon lämmitysmuodon valinta tulee tapahtumaan yhä enemmän vaikeasti mitattavien, pehmeiden, arvojen perusteella.</p> <p>Sähkön hinta voi nousta kaksinkertaiseksi 120 m<sup>2</sup> uudessa pientalossa (Espoossa 97 p/kWh päivällä ja 47 p/kWh yöllä), ennenkuin suora sähkölämmitys menettää hintakilpailukykyänsä öljylämmitykseen nähden.</p> <p>Pientalojen energiankulutuksen väheneminen ja taloussähkön kulutuksen kasvu parantaa sähkölämmityksen hintakilpailukykyä.</p>	
Avainsanat: Pientalo, sähkölämmitys, tulevaisuus, lämmitysmuoto	



**Author:** Marko Parkkinen

**Name of the thesis:** Electric Heating in Future Single-family Houses

**Date:** 15.3.1994

**Number of pages:** 78

**Faculty:** Faculty of Electrical Engineering

**Professorship:** Energy Economics and Power Plant Engineering

**Supervisor:** Professor Antero Jahkola

**Instructor:** M.Sc.(Eng.) Jaana Rosendahl

In this study the situation of electrical heating in single-family houses is examined until year 2010.

The situation of electric heating in Swedish, Norwegian, Danish, Canadian, French and German single-family houses was studied. On a basis of literature study and interviews three models of development of heating in Finnish single-family houses were formed. With a help of developed calculation model the cost influence of different factors were studied. The development of heating decision was modelled on a basis of studies made yearly by Rakennustutkimus RTS Oy.

About seven new houses out of ten are electrically heated in Finland. In Canada and Norway the share of electrically heated houses is even bigger. In Sweden and France the share is about the same than in Finland and in Denmark and Germany it is smaller.

The heating method decision will be made more often after hard-to-measure factors than to day. For example meaning of environmental aspects will increase.

The price of electricity can double (to 0.97 fim/kWh for day time and 0.47 fim/kWh for night time in Espoo) in new 120 m<sup>2</sup> single-family houses without electrical heating to lose its competitiveness.

Decreasing of heating energy need and increasing of household energy use will improve economical competitiveness of electric heating.

**Keywords:** Single-family houses, electrical heating, future, heating systems

## ALKULAUSE

Tämä työ on tehty Imatran Voima Oy:n Energiankäytön markkinointiosastolla.

Kiitän lämpimästi työni valvojaa professori Antero Jahkolaa ja työni ohjaajaa diplomi-insinööri Jaana Rosendahlia neuvoista ja ohjeista. Koko Energiankäytön markkinointiosaston henkilökuntaa tahdon kiittää erittäin innostavasta työympäristöstä ja saamistani ohjeista.

Kaikkia haastattelemani henkilöitä kiitän yhteistyöstä. Myös työtäni sen eri vaiheissa kommentoineita henkilöitä tahdon kiittää heidän näkemästään vaivasta.

Isääni, Valtiotieteiden lisensiaatti Pekka Parkkista kiitän saamastani avusta ja totean samalla hänen hävinneen vetomme.

Helsingissä 15. päivänä maaliskuuta 1994



Marko Parkkinen

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	i
ABSTRACT.....	ii
ALKULAUSE.....	iii
SISÄLLYS- JA LIITELUETTELO.....	iv
 1 JOHDANTO.....	 1
1.1 Tausta.....	1
1.2 Tavoitteet.....	2
1.3 Rakenne ja tutkimusmenetelmät.....	2
 2 SÄHKÖLÄMMITYKSEN NYKYTILA JA KEHITYSNÄKYMÄT ULKOMAILLA.....	 4
2.1 Ruotsi.....	4
2.2 Norja.....	5
2.3 Tanska.....	6
2.4 Saksa.....	7
2.5 Ranska.....	8
2.6 Quebec/Kanada.....	9
2.7 Analyysi tilanteesta.....	10
 3 PIENTALOASUMISEN KEHITTYMINEN.....	 11
3.1 Uusien pientalojen tarve.....	11
3.2 Tekninen kehitys.....	13
3.3 Lämmityskustannukset.....	14
3.3.1 Investointikustannukset	
3.3.2 Energiakustannukset	
<i>Lämmitys</i>	
<i>Taloussähkö</i>	
<i>Lämmin vesi</i>	
3.3.3 Huoltokustannukset	
 4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TULEVAISUUDEN VALINTATEKIJÄT.....	 19
4.1 Tuotekuvat.....	19
4.2 Yhteiskunnallinen hyväksyttävyys.....	20
4.3 Ympäristövaikutukset.....	21
4.4 Terveysvaikutukset.....	22
4.5 Asumismukavuus.....	22
4.6 Kustannukset.....	23
4.7 Saatavuus.....	24
4.8 Monipuolisuus.....	24
4.9 Lämmitysalan asiantuntijoiden mielipiteitä.....	26



<b>5 SÄHKÖLÄMMITETTY PIENTALO VUONNA 2010.....</b>	<b>28</b>
<b>5.1 Lämmitysjärjestelmä.....</b>	<b>28</b>
5.1.1 Matalaenergia	
5.1.2 Perinteinen	
5.1.3 Uussähköjärjestelmä	
<b>5.2 Ominaisuudet.....</b>	<b>31</b>
5.2.1 Tuotokuva	
5.2.2 Ympäristövaikutukset	
5.2.3 Terveysvaikutukset	
5.2.4 Asumismukavuus	
5.2.5 Kustannukset	
5.2.6 Saatavuus	
5.2.7 Monipuolisuus	
<b>5.3 Yhteiskunnallinen hyväksyttävyys.....</b>	<b>39</b>
<b>6 SÄHKÖLÄMMITYKSEN VAIHTOEHDOT VUONNA 2010.....</b>	<b>40</b>
6.1 Öljylämmitys.....	40
6.2 Kaukolämmitys.....	42
6.3 Biopolttoaineet.....	43
6.4 Maakaasu.....	45
6.5 Lämpöpumput.....	47
6.6 Uudet energialähteet.....	48
<b>7 HINTAKILPAILUKYVYN RAJAT JA TUOTEKUVAKEHITYS.....</b>	<b>49</b>
7.1 Laskentamalli.....	49
7.1.1 Kaavat ja muuttujat	
7.2 Muuttujien vaikutus kokonaiskustannuksiin.....	50
7.3 Kokonaiskustannukset.....	53
7.3.1 Energian kulutus	
7.3.2 Energian hinta	
Ympäristöverot	
Muut hinnan muutokset	
Sähkön hinnan nousu	
Energian hinnan nousu	
7.3.3 Investointikustannukset	
7.4 Lämmitysmuotojen tuotekuvat ja arvostusten kehittyminen.....	64
7.4.1 Tarkastelun perusteet	
7.4.2 Pientalorakentajien lämmitysmuotomielikuvat	
7.4.3 Lämmitysmuotojen valintatekijöiden kehittyminen	
<b>8 LÄMMITYSMUOTOJEN KEHITYSKULKU VUOTEEN 2010.....</b>	<b>70</b>
8.1 Matalaenergia.....	70
8.2 Rauhallinen kehitys.....	73
8.3 Vihreä kumous.....	75
<b>9 YHTEENVETO.....</b>	<b>76</b>
<b>LÄHDELUETTELO</b>	
<b>LIITTEET</b>	
1 Laskentamallin lähtöarvot	
2 Laskentamallin lämmitysjärjestelmien kuvaukset	
3 Skenaarioiden lähtöarvot	



# 1 JOHDANTO

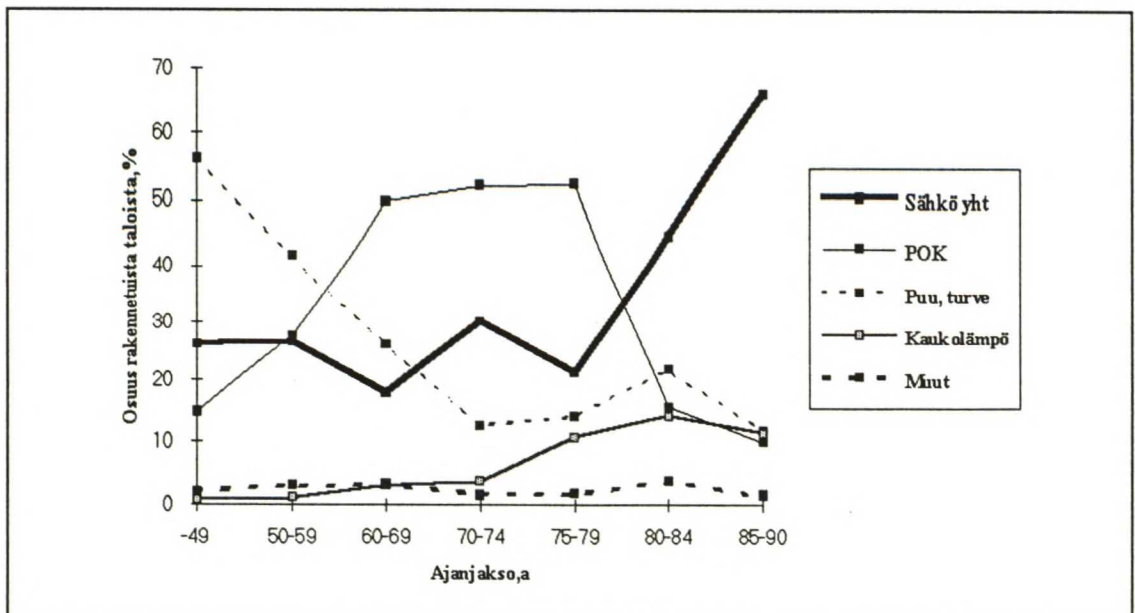
Sähkölämmitystä on tutkittu monipuolisesti 1980-luvun alkupuolelta lähtien. Työssä luodaan kuva sähkölämmityksen tulevaisuudesta kokoamalla aiemmista tutkimuksista saatua informaatiota ja luomalla uutta.

Työ on tehty Imatran Voima Oy:n Energiankäytön markkinointiosastolla.

## 1.1 TAUSTA

Suomen sähkön kulutus oli vuonna 1993 66 TWh, josta kaikkien käyttäjäryhmien sähkölämmitykseen kului yhteensä 11 %. Vesivoiman osuus sähkön tuotannosta oli 21 %, vastapainesähkön 28 %, ydinvoiman 29 % ja lauhdutustuotannon 11 %./Hellgrén 1994/

Sähkölämmityksen markkinaosuus pientaloissa nousi öljykriisin jälkeen. Anotuista pientalojen rakennusluvista oli vuonna 1993 70 % sähkölämmitykselle, 12 % öljylämmitykselle, 11 % puulämmitykselle, 6 % kaukolämmitykselle ja 1 % muille lämmitystavoille (kaasu, raskaspolttoöljy, lämpöpumput ja aurinkolämpö) /Tilastokeskus 1993/. Lisäksi sähköä käytetään lisälämmitykseen, muun muassa kosteiden tilojen lattialämmitykseen. Useat puu-uunilämmitykseksi merkityt kohteet ovat itseasiassa sähkölämmitteisiä, koska sähköpattereilla tuotetaan yli puolet vuotuisesta energiantarpeesta.



Kuva 1.1: Pientalokannan lämmitystavat rakentamisvuosien mukaan /Tilastokeskus 1992/.

Sähkölämmityksen suosion kasvuun on edullisten kokonaiskustannusten ja helppohoitaisuuden ohella vaikuttanut mm. lämmitystavan monipuolisuus. Sähkölämmitys voidaan toteuttaa vesikiertoisena patterilämmityksenä, sähköpattereina tai rakenteisiin integroituna (katto-, lattia- ja listalämmitys) sekä edellisten erilaisina yhdistelminä.

Sähkölämmittimien tekninen kehitys jatkuu yhä. Markkinoille ovat hiljattain tulleet lämmitettävät ikkunat. Säteilylämmittimien käyttöä sisätiloissa kokeillaan. Lämmitettävät lakat ja maalit ovat kehitteillä. Myös vanhoja lämmittimiä kehitetään edelleen mm. säädön osalta.

## 1.2 TAVOITTEET

Tässä työssä pyritään löytämään vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

- mitkä ovat lämmitysjärjestelmän tulevaisuuden valintatekijät?
- millainen voisi olla sähkölämmitetty pientalo vuonna 2010?
- mitä vaihtoehtoisia lämmitystapoja on vuonna 2010?
- miten eri tekijät vaikuttavat sähkölämmityksen kilpailukykyyn?

Vastauksien pohjalta yritetään saada kuva sähkölämmityksen asemasta pientalojen lämmitysmarkkinoilla vuonna 2010.

## 1.3 RAKENNE JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Työ muodostuu neljästä osasta. Työn perusteiden, jotka pohjautuvat kirjallisuus- ja haastattelututkimuksiin, nojalla laadittiin visio pientalojen lämmityksen kehittymisestä. Nykytilanteen ja vision mukaisen lämmityskehityksen kustannuksia pientaloissa laskettiin omassa osassaan. Kaikkien osien pohjalta vedettiin johtopäätökset. Rakenne selviää kuvasta 1.2.

Taulukkolaskentaohjelmalla tehtiin pientalojen yleisimpien lämmitystapojen energiankulutuksista sekä investointi-, huolto- että energiakustannuksista laskentamalli. Mallilla laskettiin sähkölämmityksen kannattavuusrajoja eri tekijöiden funktiona ja lämmitysvaihtoehtojen kustannusten kehitystä vuoteen 2010 laadittujen skenaarioiden pohjalta.

Lämmitysvalintojen kehitystä ja lämmitysjärjestelmien tuotekuvia analysoitiin RTS-tutkimusten, Rakennustutkimus RTS Oy:n vuosittain omakotirakentajista tekemän tutkimussarjan, pohjalta.





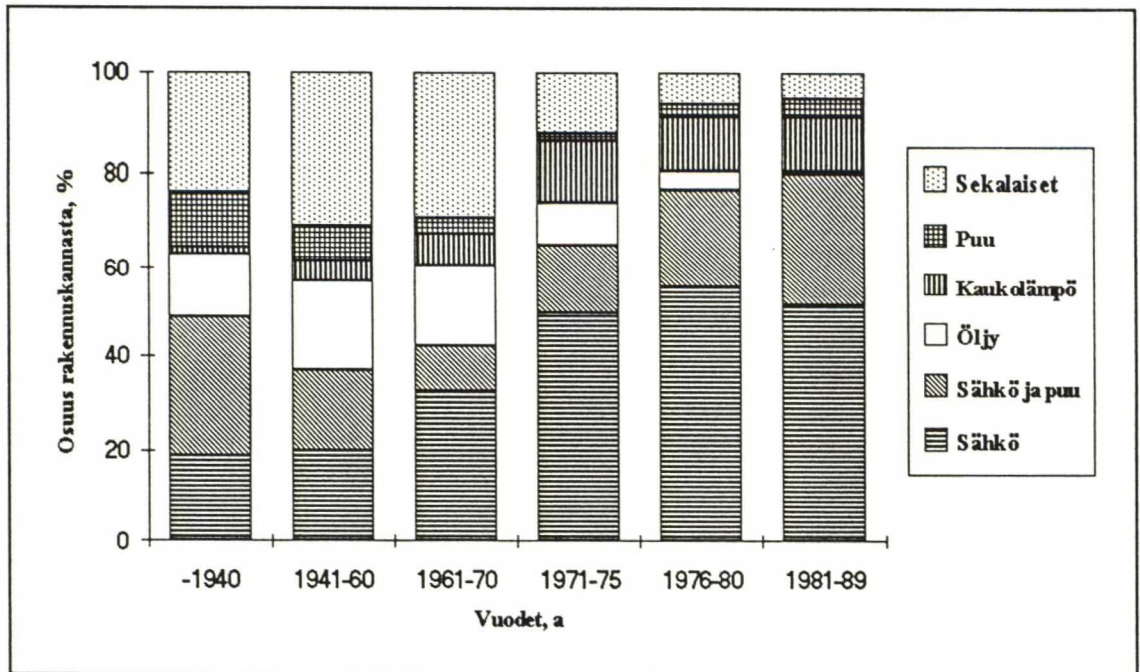
Kuva 1.2: Työn rakenne.

## 2 PIENTALOJEN SÄHKÖLÄMMITYKSEN NYKYTILA JA KEHITYSNÄKYMÄT ULKOMAILLA

Luvun materiaali on pääasiassa kerätty lähettämällä kyselykirje kohdemaan sähkölaitosyhdistykseen tai sähkölämmityksen tukiyhdistykseen. Yleinen mielenkiinto pientalojen lämmitykseen vaihtelee suuresti maittain, mikä näkyi vastauksissa.

### 2.1 RUOTSI

Ruotsin sähköenergian kulutus on n. 140 TWh vuodessa, josta pientalojen lämmitykseen kuluu yli 16 TWh /Högrelius 1991/. Energiasta puolet tuotetaan vesivoimalla, 45 % ydinvoimalla sekä loput tavallisella lauhdutus- ja vastapainevoimalla. Kahdeksankymmentäluvulla tuotanto kasvoi 45 TWh/a ja ydinvoiman osuus tuotannosta kasvoi parikymmentä prosenttia samalla, kun öljyn käytöstä luovuttiin melkein kokonaan /Andersen 1991/. Ruotsissa 20 MWh/a kuluttavan pientalon sähkölasku oli kolmanneksen suurempi kuin Suomessa 1.1.1993 /Paananen 1993/.

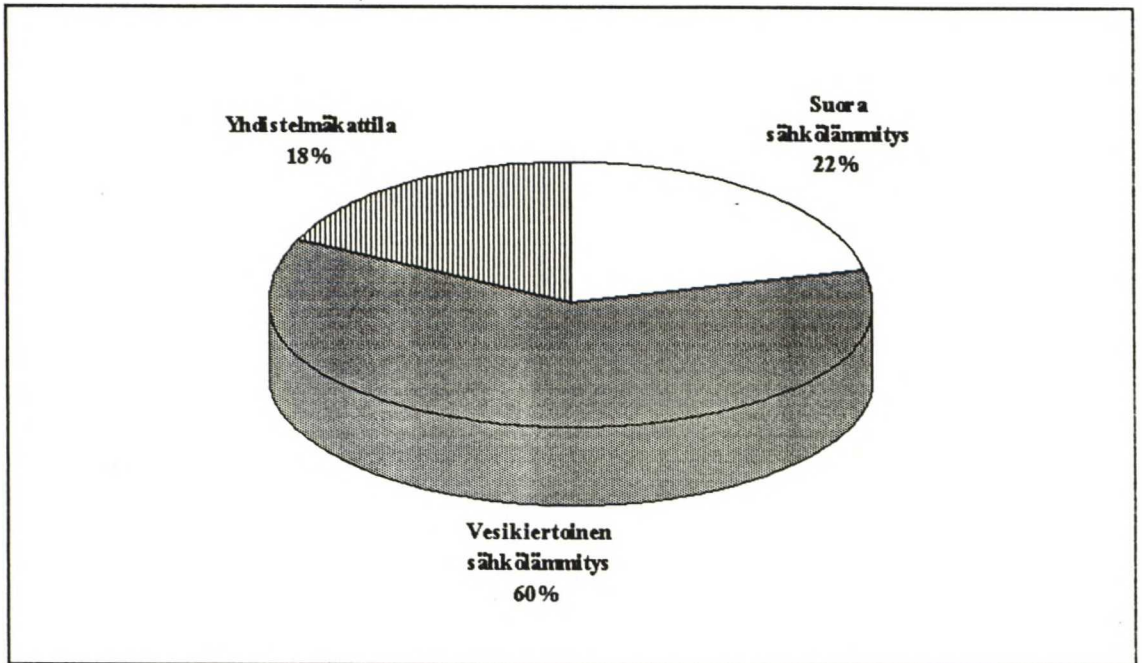


Kuva 2.1: Lämmitystapojen osuudet Ruotsin pientaloissa /Högrelius 1991/.

Kuvan 2.1 sekalaisiin kuuluu erilaisia yhdistelmälämmitystapoja mm. sähkö, öljy ja puu sekä kokonaan muita lämmönlähteitä (aurinko jne).



Sähkölämmityksen lähitulevaisuus vaikuttaa positiiviselta. Valtiorahoitteen rakentamisen määräyksissä ollut suoran sähkölämmityksen kieltänyt kohta poistui 1.1. 1992. Suoran sähkölämmityksen huono maine heijastuu kuvan 2.2 järjestelmäjakaumaan. Suurimmaksi tulevaisuuden uhkaksi koetaan vuonna 1980 tehty periaatepäätös ydinvoimasta luopumisesta vuoteen 2010 mennessä ja siitä mahdollisesti seuraava sähköpula./Johansson 1993/



Kuva 2.2: Vuosina 1981 - 89 rakennettujen pientalojen sähkölämmityksen järjestelmäjakauma /Högrelius 1991/.

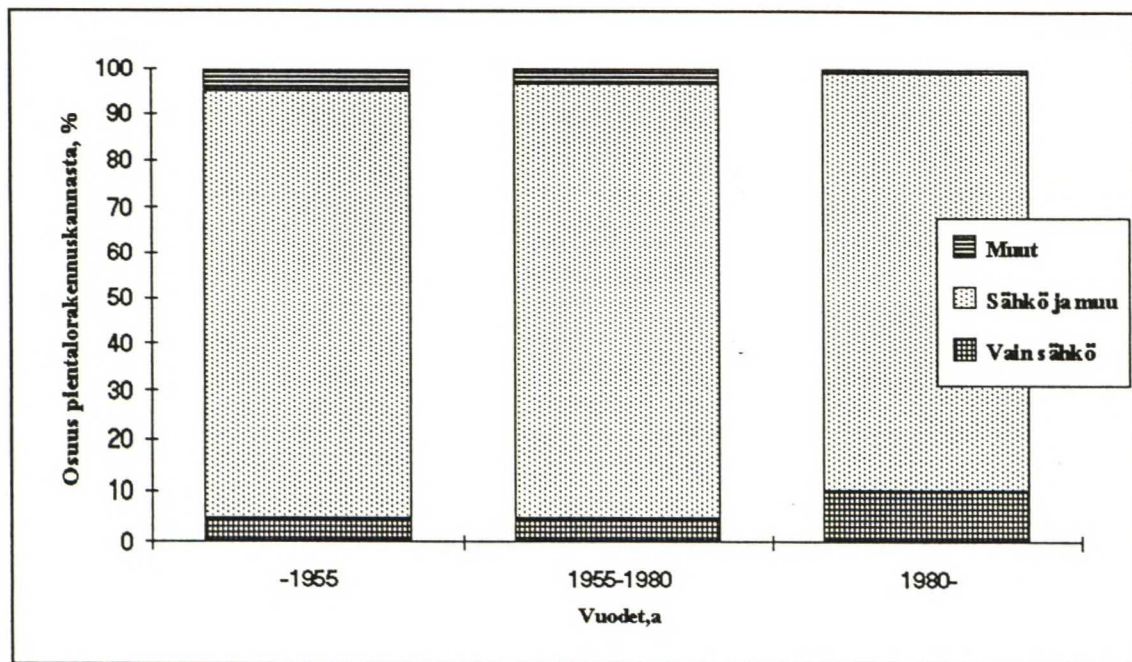
Suora sähkölämmitys toteutetaan Ruotsissa pääsääntöisesti sähköpattereilla /Högrelius 1991/. Suoran sähkölämmityksen osuuden oletetaan kasvavan tulevaisuudessa.

## 2.2 NORJA

Norjan sähkön kulutus on n. 105 TWh vuodessa, josta 10,9 TWh kuluu pientalojen lämmitykseen. Norjassa on Euroopan suurin verkkoon liitetty sähköteho asukasta kohti (6 kW). Sähköstä 99,6 % tuotetaan vesivoimalla, loput hiilellä ja öljyllä./Engbretsen 1993//Andersen 1991/. Lämmityssähkö on muutaman prosentin halvempaa kuin Suomessa 1.1.1993 /Paananen 1993/.

Koko rakennuskannassa sähkö ainoana lämmitysenergianlähteenä on 6 %:ssa

pientaloista, sähkö yhdistettynä johonkin muuhun lämmitystapaan 91 %:ssa pientaloista ja loput 3 % pientaloista on lämmitetty öljyllä, puulla tai kaukolämmöllä.



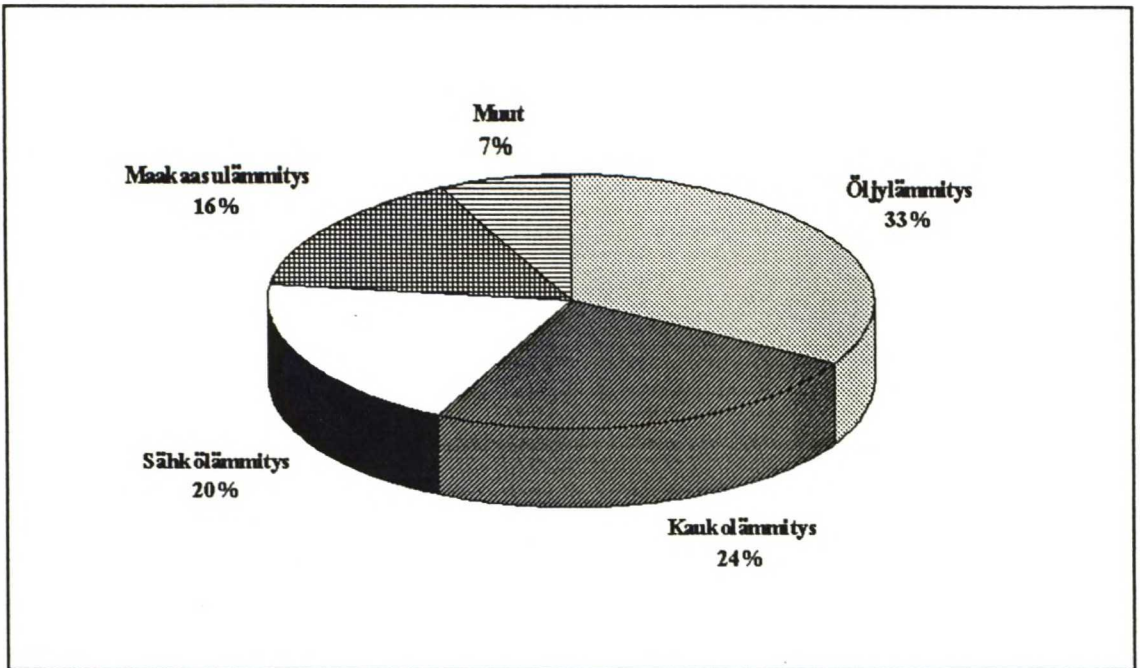
Kuva 2.3: Lämmitystapojen osuudet rakentamisvuoden mukaan Norjan pientaloissa /Engebretsen 1993/.

Sähkölämmitys tulee jatkossakin olemaan pientalojen pääasiallinen lämmitysmuoto. Suurimpana uhkana sähkölämmitykselle on sähkön viennin lisääntyminen, joka nostaisi sähkön hintaa. Tulevaisuudessa suora sähkölämmitys yleistyy ja varajärjestelmien asentaminen vähenee. Sähkölämmityslaitteista lämpöpumppujen uskotaan lisääntyvän eniten /Engebretsen 1993/.

### 2.3 TANSKA

Tanskan sähköenergian kulutus on n. 30 TWh vuodessa, josta 90 % tuotetaan hiilellä, 7 % öljyllä ja loput mm. maakaasulla. Kahdeksankymmentäluvulla öljyn osuus sähkön tuotannosta putosi kolmasosaan samalla kun hiilen ja muiden osuus kasvoi /Andersen 1993/. Tanskassa lämmityssähkö oli 2,2 kertaa kalliimpaa kuin Suomessa 1.1.1993 /Paananen 1993/.





Kuva 2.4: Lämmitystapojen osuudet Tanskan pientalokannassa /Gullev 1993/.

Sähkölämmitys aloitettiin 60-luvulla. Sähkö oli halpaa ja sähköpattereilla sekä lattia- ja kattolämmityksellä saatiin suuri asumismukavuus pienillä investoinneilla. Ensimmäisen öljykriisin aikaan vuonna 1974 sähkölämmityksen markkinaosuus oli pientaloissa suuren tanskalaisen sähköyhtiön, NESA:n, alueella yli 65 %, vaikka sähkölämmitys oli vuositasolla hieman öljylämmitystä kalliimpaa. Koska sähkön tuotantorakenne perustui tuontipolttoaineille alettiin sähkölämmitystä rajoittaa ja maakaasun sekä kaukolämmityksen käyttöä suosia /Gullev 1993/.

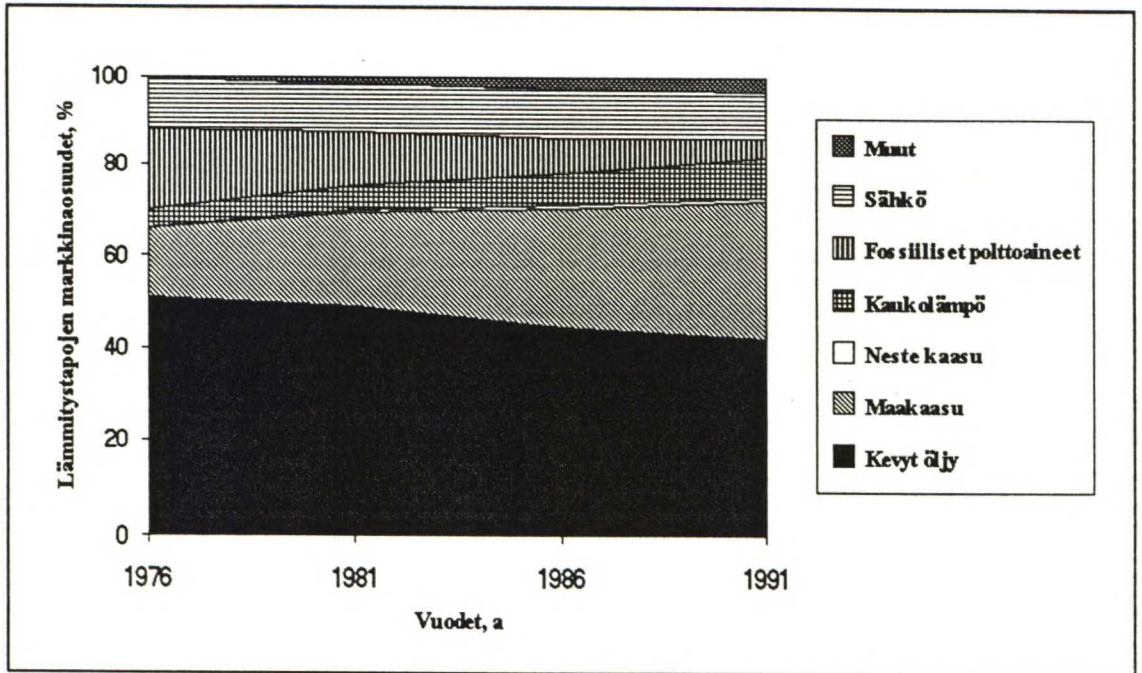
Sähkölämmityksen asentaminen pientaloihin on kielletty alueilla, joilla on saatavilla kaukolämpöä tai maakaasua. Samalla sähkölämmitys on menettänyt kilpailukykynsä verojen ja muiden rangaistusmaksujen takia sekä valtion muihin lämmitysmuotoihin kohdistaman subvention takia.

## 2.4 SAKSA

Pientalojen lämmitystapatietoja ei ole koottu entisen DDR:n alueelta. Seuraavassa kaikki luvut ovat läntisten osavaltioiden arvoja.

Sähköenergian kulutus oli vuonna 1989 yli 410 TWh vuodessa. Sähköstä 52 % tuotetaan hiilellä, 34 % ydinvoimalla, 8 % maakaasulla ja loput 6 % mm. vesivoimalla

ja öljyllä. Ydinvoiman osuus nousi 80-luvulla yli 20 %:lla hiilen, öljyn ja maakaasun osuuksien vähentyessä 5-8 % kunkin /Andersen 1993/. Saksasta ei ole saatavissa pientalon lämmityssähkön hintaa, mutta kotitaloussähkö oli 2,2 kertaa kalliimpaa kuin Suomessa 1.1.1993/Paananen 1993/.



Kuva 2.5: Pientalojen lämmitystapojen markkinaosuuskehitys Saksan vanhoissa osavaltioissa /Zöllner 1993/.

Pientalojen sähkölämmityksistä yli 90 % on varaavia. Tulevaisuudessa lämpöpumput ja sähköllä toteutetut ilmastointilämmitykset valtaavat alaa. Sähkölämmitystä edistäisi parhaiten matalaenergiatekniikan mahdollisen yleistymisen tuoma kilpailukyvyn parantuminen. /Zöllner 1993/

## 2.5 Ranska

Ranskan sähköenergian vuosikulutus on yli 440 TWh, josta 73 % tuotetaan ydinvoimalla, 16 % vesivoimalla ja 11 % hiilellä ja öljyllä /EDF 1993/. 80-luvulla ydinvoiman osuus kasvoi lähes 50 % /Andersen 1991/. Pientalon lämmityssähkö on Ranskassa kaksi kertaa kalliimpaa kuin Suomessa /Paananen 1993/.

Sähkölämmitys alkoi Ranskassa 70-luvulla. Nykyisin neljäsosassa rakennuskannasta on



sähkölämmitys ja kahteen kolmasosaan uusista huoneistoista tulee sähkölämmitys, pientaloissa jopa hieman yli kahteen kolmasosaan /Guenot 1993/.

Yleisin lämmitin on virtauslämmitin, joita ei Suomessa suositella käytettävän huonetilojen lämmitykseen lainkaan. Saatavilla on myös tavallisia sähköpattereita, katto- ja lattialämmitystä.

Sähkölämmityksen tulevaisuus näyttää valoisalta. Sähkölämmitys motivoi säästöön, koska kannattavuus paranee nopeasti energiankulutuksen laskiessa. Ominaiskulutukset ovatkin pudonneet puoleen vuodesta 1974 ja suuntaus näyttää jatkuvan.

## 2.6 QUEBEC/KANADA

Quebecissä melkein kaikki sähkö tuotetaan vesivoimalla. Sähkö oli vuonna 1992 yli neljänneksen halvempaa kuin Suomessa /Lemay 1993/.

Öljy hallitsi pientalojen lämmitysmarkkinoita 70-luvun alkupuolella. Ensimmäisen öljykriisin jälkeen hallitus totesi sähkölämmityksen parhaaksi pientalojen lämmitysvaihtoehdoksi, koska se vähentää Quebecin riippuvuutta tuontipolttoaineista. Nykyisin uusien vesivoimavarojen valjastaminen on tullut kalliiksi ympäristösuojellusta syistä, mutta hallitus pitää sähköä yhä fossiilisia polttoaineita suositeltavampana lämmitysvaihtoehtona.

Koko pientalojen rakennuskannasta 80 % on sähkölämmitettyjä, öljylämmitettyjä on 15 % ja kaasulämmitettyjä 5 %. Uusista pientaloista yli 90 % on sähkölämmitettyjä /Lemay 1993/.

Listalämmitin on suosituin sähkölämmitin ja jonkin verran käytetään sähköpattereita ja kattolämmitystä. Kalliimmissa taloissa käytetään yleisesti ilmalämmitystä yhdessä ilmalämpöpumpun, ilmankostuttajan ja sähkösuodattimen kanssa. Lämpöpumput ovat pääsääntöisesti sähköllä toimivia. Lämpöpumppujen markkinaosuus on n. 3 % ja se on kasvamassa. Lämpöpumppua pidetään ylellisyysvälineenä, joka ostetaan lähinnä kesän jäähdytystarpeen takia /Lemay 1993/.

Sähkölämmityksen tulevaisuus on lupaava. Lämmittimissä on oletettavissa lämpöpumppujen yleistymisen, koska sisäilman laatumääräykset kiristyvät ja lämpöpumppu liittyy useimmiten ilmalämmitykseen. Lämpöpumpulla voidaan myös hoitaa kesäinen jäähdytystarve, joka lisääntyy talojen eristyksen parantuessa /Lemay 1993/.

## 2.7 ANALYYSI TILANTEESTA

Sähkölämmitys on yleistä maissa, joissa suuri osa energiasta tuotetaan ydin- tai vesivoimalla. Yleisyys ei kuitenkaan johdu tuotantotavoista, vaan kohtuullisesta sähköenergian hinnasta näissä maissa.

*Taulukko 2.1: Pientalojen sähkölämmitys eri maissa*

	SL MARKKINA- OSUUS (%)	LÄMMITYSSÄHKÖN HINTA	SUOSITUIMMAT SL JÄRJESTELMÄT
NORJA	100	0,9	SÄHKÖPATTERIT JA PUU-UUNI
QUEBEC/ KANADA	90	0,8	LISTALÄMMITIN
RUOTSI	80	1,3	VESIKIERTOINEN SL
SUOMI	70	1	SÄHKÖPATTERIT
RANSKA	70	2	VIRTAUSLÄMMITIN
SAKSA	10	2,2	VESIKIERTOINEN
TANSKA	0	2,2	

Yleinen suuntaus on kohti vapaata kilpailua pientalojen lämmityssektorilla. Ruotsissa ja Suomessa valtionrahoitteisten talojen lämmitysrajoituksista on luovuttu. Rajoitukset kohdistuivat ennenkaikkea suoraan sähkölämmitykseen, mikä vaikutti Ruotsin vesikiertoisien sähkölämmityksen suureen suosioon. Sähkölämmityksellä ei siis ole rajoituksia kuin Tanskassa, jossa sähkölämmitystä ei saa valita, jos talo on mahdollista yhdistää kauko- tai maakaasuverkkoon.

Tanskassa sähkölämmityksen rajoittamiseen päädyttiin, koska sähköä on kallista tuottaa hiilivoimalla ja lisäksi hiili joudutaan tuomaan. Ruotsissa ja Suomessa suoran sähkölämmityksen rajoittamista perusteltiin lämmityssähkön kansantalouden kannalta epäsuotuisalla tuottamisella.

Saksassa sähkölämmityksen pieni osuus johtuu toisaalta sähkön korkeasta hinnasta ja toisaalta muiden lämmitysenergiälähteiden hyvästä saatavuudesta ja kilpailukykyisistä hinnoista. Esimerkiksi maakaasuverkko on erittäin kattava.



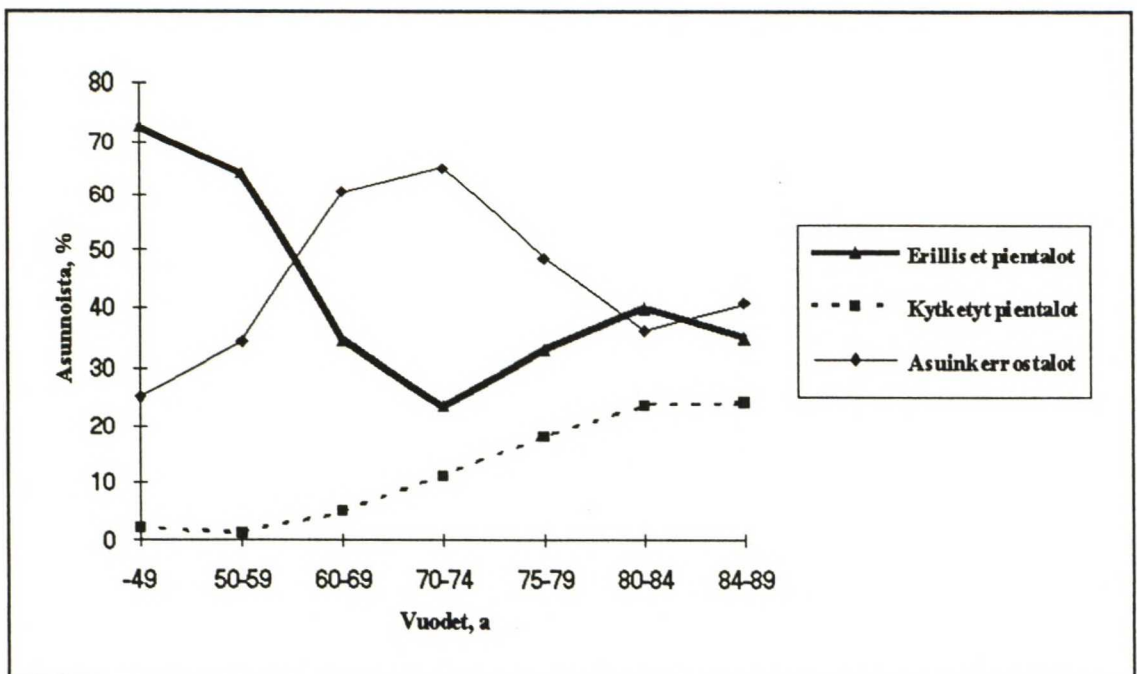
### 3. PIENTALOASUMISEN KEHITTYMINEN

Asuntokanta on kasvanut maassamme nopeammin kuin väestö. Vuonna 1960 oli Suomessa henkeä kohti 14,6 m<sup>2</sup> asuintilaa /Parkkinen, P. 1993/. Vuoteen 1990 mennessä asuinpinta-ala oli noussut 31,4 m<sup>2</sup>:in henkeä kohti. Toisaalta tämä on johtunut asuntojen keskikoon kasvamisesta ja toisaalta kotitalouksien koon pienenemisestä. Kehityksen uskotaan jatkuvan tulevaisuudessa/Rakennustuoteteollisuus 1993/.

Pientaloasumisen johtavina trendeinä voidaan pitää jo mainitun asumisväljyyden lisääntymisen ohella varustetason paranemista, lämmityksen energiankulutuksen pienentämistä ja asumismukavuuden lisääntymistä.

#### 3.1 UUSIEN PIENTALOJEN TARVE

Ennen nykyistä talouden taantumaa rakennettiin pientaloja tarpeeseen nähden liikaa esim. 24026 kpl vuonna 1990. Osa rakennetuista pientaloistakin on vielä tyhjillään, mikä tulee vähentämään uustuotannon tarvetta lähivuosina. Vuonna 1997 ennustetaan rakennettavan n. 12000 uutta pientaloa./Rakennustuoteteollisuus 1993/



Kuva 3.1: Pientalo-, rivitalo- ja kerrostaloasuntojen osuus valmistuneista asunnoista /Tilastokeskus 1992/.

Vuoteen 2010 mennessä uusien pientalojen tarve lisääntyy useasta syystä:

- ihmiset haluavat mahdollisuuksien mukaan asua pientaloissa
- tulotaso kasvaa yli puolitoistakertaiseksi
- väestö kasvaa ainekin vuosituhannen taitteeseen asti
- kotitalouksien määrä lisääntyy
- muuttoliike taajamiin jatkuu
- tyhjiillään olevien asuntojen määrä lisääntyy samaa tahtia asuntokannan kanssa
- asuntoja poistuu käytöstä, vaikka poistuman osuus kannasta pieneneekin

Suomalaiset haluavat asua pientaloissa /Monitor 1993/. 70-luvun puoliväliin asti jatkunut kerrostalojen osuuden lisääntyminen oli seurausta taajamien nopeasta kasvusta. Maalta kaupunkiin tultaessa ei ollut varaa hankkia pientaloa. Kerrostaloasuntojen osuuden lisääntyminen 80-luvun loppupuolella oli ilmeisesti seurausta asuntojen reaalihintojen jyrkästä noususta.

Pientaloasuntojen suhteellinen osuus uudistuotannossa tulee kasvamaan talouden tasaannuttua nykyisestä murroskaudestaan. Koska ihmisten tulotason on arvioitu kasvavan yli puolitoistakertaiseksi tarkastelujaksolla (reaalitulojen kasvu 3,25 %/a vuoteen 2005 /Romppanen 1993/), asumisen taloudellinen painoarvo laskee.

Väestön ikääntyminen voimistaa pientalojen kysyntää, koska iäkkäillä ihmisillä on useammin varaa pientaloasumiseen kuin nuorilla ja lisäksi vanhusväestö tulee olemaan ikäänsä nähden nykyistä terveempää. Lisäksi väestö tulee kasvamaan ainekin vuosituhannen taitteeseen asti. Jos oletetaan saatavan muuttovoittoja, väkiluku lisääntyy tarkastelujakson loppuun asti. /Rakennustuoteteollisuus 1993/

Vuosina 1966 - 88 kotitalouksien määrä lisääntyi seitsemän kertaa enemmän kuin väestö. Perhekoon pientyminen näyttää jatkuvan edelleen: nuoret itsenäistyvät aiempaa aikaisemmin, vanhukset huolehtivat itsestään yhä pidempään ja yksineläjien määrä lisääntyy. Asuntotarve lisääntyy vielä kotitalouksien lisääntymistäkin nopeammin, koska alivuokralla asuminen, asunnottomien määrä ja useiden kotitalouksien yhteisasuminen vähenee. Lisäksi asumisväljyys kasvaa./Parkkinen, P 1990/

Muuttoliike taajamiin tulee jatkumaan, joka jättää haja-asutusalueiden asuntoja tyhjilleen ja lisää uustuotannon tarvetta taajamissa. Tyhjiillään olevien asuntojen määrä lisääntyy samaa tahtia asuntokannan kanssa. Tätä ns. asuntovaraumaa lisäävät kotitalouksien kakkosasunnot ja yritysten hankkimat asunnot. Tyhjien asuntojen osuus on tarkastelujaksolla siis keskimäärin sama kuin nykyisinkin eli 6 %. /Parkkinen, P. 1990/



Tarkastelujaksolla asuntojen poistuman ennustetaan olevan vuosittain keskimäärin kaksi kolmasosa prosenttia /Parkkinen, P. 1990/.

Edellä esitetyn kehityksen toteutuminen tarkoittaisi tarkastelujaksolla 34000 asunnon vuosittaista uudistuotantoa /Parkkinen, P. 1990/. Jos pientalojen osuuden arvioidaan olevan keskimäärin 45 % asuntojen vuosituotannosta, rakennetaan vuoteen 2010 asti vuosittain keskimäärin n. 15000 pientaloa. Pientalotuotannon osuus koko asuntotuotannosta kasvaa tarkastelujakson loppuun asti. Talouden nykyisen taantumman mahdollinen pitkittyminen siirtää rakentamisen painopistettä tarkastelujakson loppua kohti ja saattaa jopa pienentää vuosikeskiarvoa.

### 3.2 TEKINEN KEHITYS

Vuonna 1900 asuntojen yleisin varuste oli viemäri ja sekin oli vain 3,7 % asunnoista. Sähköt oli vain runsaassa prosentissa asunnoista. Viisikymmentäluvulle asti varustetason kasvu oli suhteellisen hidasta. Vuonna 1950 asuntojen määrä oli kaksinkertaistunut vuosisadan alusta lähes miljoonaan. Viemäri oli runsaassa neljäsosassa taloista ja sähköt noin kolmessa neljäsosassa. Viisikymmentäluvun jälkeen kehitys nopeutui olennaisesti. Kahdeksankymmentäluvun lopulla viemäri puuttui enää muutamasta prosentista asunnoista ja huoneistokohtaisia saunojakin oli yli 40 % asunnoista./Parkkinen,P. 1993/

Kiinteästi asuntoon kuuluvien järjestelmien lisäksi on viimeisen kymmenen vuoden aikana ollut havaittavissa erilaisten sähköisten lisälaitteiden yleistymisen.Tämä on havaittu kotitaloussähkön kulutuksen kasvamisesta. /Partanen 1991//Kalevi 1992/

Jatkossa pientalojen varustetaso paranee edelleen ja esim. lämmitys, turvajärjestelmät, pankkiyhteydet ja valaistus integroituvat samaan keskusjärjestelmään. Kehityksellä pyritään parantamaan asumisen toimivuutta ja lämpöviihtyvyyttä /Kohonen 1993/. Käyttöliittymien liiallinen monimutkaistuminen vaarantaa integraatiosuuntauksen, koska tavallisen kuluttajan kyky käyttää teknisiä järjestelmiä on rajallinen. On siis pyrittävä yksinkertaistamaan käyttäjältä vaadittavia toimia nykyisestäänkin /Markelin 1991/.

Energian ominaiskulutukset ovat pienentyneet rakentamismääräysten tiukentuessa ja rakentamisen kehittyessä. Suomessa pyritään jatkossakin mahdollisimman alhaisiin ominaiskulutuksiin /Hallituksen... 1992/.

Energian ominaiskulutusten aleneminen on huipentumassa pientaloissa tutkimuksen alla olevaan matalaenergiateknologiaan, jolla lämmitysenergiankulutus supistuu jopa neljäsosaan rakentamismääräysten minivaatimusten mukaan toteutetun pientalon

kulutuksesta /Kouhia 1991/. Käytännössä normaali LTO-laitteellinen sähkölämmitetty talo kuluttaa vain puolet valitun normitalon lämmitysenergiakulutuksesta (160 kWh/m<sup>2</sup>,a).

Tavoitteena VTT:n Mepi -tutkimuksessa on uusien pientalojen lämmitysenergian tarpeen vähentäminen puoleen nykyiseltä tasoltaan vuosikustannusten kasvamatta /Leppänen 1993/. Vaikuttavuustavoitteena on, että vähintään puolet vuoden 2000 jälkeen rakennettavista pientaloista on matalaenergiataloja, joiden lämmitysenergiantarve on neljäsosa nykyisestä.

Matalaenergiatekniikassa lämmönjakotapana tullaan käyttämään usein ilmastointilämmitystä /Kohonen 1993/. Tällöin vältetään erillisen lämmitysjärjestelmän rakentamisen kustannuksilta. Sama etu saavutetaan suoraan lämmitettävillä rakennemateriaaleilla. Lämmitettävien rakennusmateriaalien ja ilmalämmityksen eduiksi voidaan lukea myös, etteivät ne häiritse huonetilan käyttöä.

Lämmityslaitteet tulevat halpenemaan, koska energiankulutuksen pienentyessä niiden ei tarvitse olla yhtä tehokkaita kuin nykyisin /Lappalainen 1993//Välimaa 1993/. Energiakulutuksen väheneminen johtaa energiaa varaamalla saavutettavan säästön pienenemiseen.

### 3.3 LÄMMITYSKUSTANNUKSET

Lämmityskustannukset muodostuvat lämmityslaitteiden investointi-, huolto- ja energiakustannuksista. Nämä kolme tekijää riippuvat toisistaan. Jos esim. halutaan laskea energiakustannuksia nousevat useimmiten investointikustannukset rakenteiden ja laitteiden monimutkaistuessa.

Uusien pientalojen lämmityskustannusten arviointia vuonna 2010 vaikeuttaa muuttujien suuri joukko. Kenenkään tiedossa ei ole tarkkaan, kuinka paljon pientalojen lämmitysenergian kulutuksesta todella saadaan pudotettua. Myöskään kotitaloussähkön kulutuksen kehityksestä ei ole varmuutta ja energian hintaennusteet poikkeavat toisistaan erittäin paljon. Eri komponenttien muutosten vaikutusta tarkastellaan tarkemmin luvussa 7. Luvussa 8 on eräin oletuksin laadittuja skenaariotarkasteluja.

#### 3.3.1 INVESTOINTIKUSTANNUKSET

Pientalon lämmitysjärjestelmän investointikustannukset muodostuvat lämmitysjärjestelmän suunnittelusta, lämmityslaitteista ja järjestelmän asentamiseen kuluneesta



työpanoksesta. Lisäksi sähköllä ja kaukolämmöllä on liittymismaksu, jolla maksetaan talon verkkoon liittymisestä energian toimittajalle koituneet kustannukset.

Vaikka pientalojen lämmitysenergian kulutus ei vähenisikään matalaenergia-talotutkijoiden ennakoimalla tavalla, tulee lämmitysenergiankulutus alenemaan tulevaisuudessa olennaisesti. Tästä seuraa, että pientalojen lämmitysjärjestelmien keskimääräiset investointikustannukset laskevat.

Vuoteen 2010 mennessä eniten alentuvat puulämmityksen ja aurinkoteknologian investointikustannukset. Näiden lämmitystekniikoiden tutkimus on laajassa mittakaavassa suhteellisen uutta, joten uudet innovaatiot ovat todennäköisiä. Ilman innovaatioitakin ko. lämmitystapojen yleistymisen mukana tuleva valmistuksen teollistuminen tuo säästöjä. /Lund 1993//Orjala 1993/

### 3.3.2 ENERGIAKUSTANNUKSET

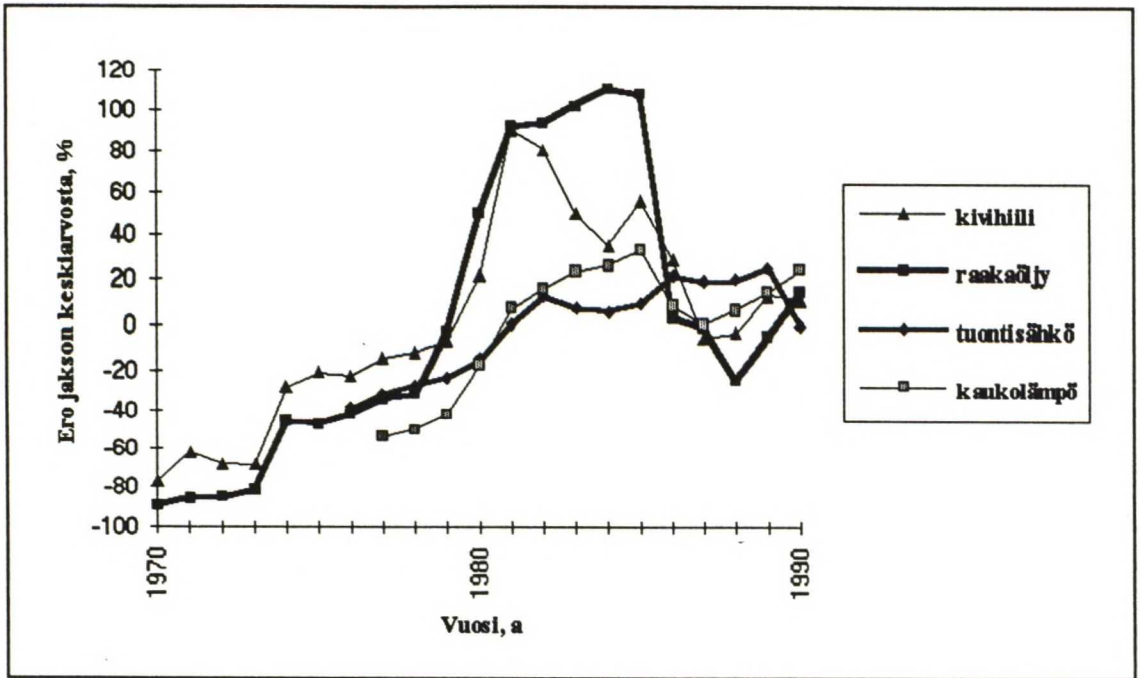
Pientalon energiakustannukset muodostuvat lämmitysenergian-, taloussähkön- ja lämpimän veden kulutuksesta. Energiakustannukset muodostuvat siis energian hinnan ja kulutuksen määrän tulona.

#### *Lämmitysenergia*

Lämmitysenergian hinnan muodostuminen vaihtelee lämmöntuotantotavoittain. Lämmitysöljyn hinta muodostuu valtaosaltaan öljyn maailmanmarkkinahinnasta. Sähkön ja kaukolämmön hintaan puolestaan vaikuttavat tuotantoon käytettyjen polttoaineiden hinnan lisäksi olennaisesti jakeluverkoston rakentamis- ja ylläpitokustannukset. Kiinteä osa ja tuotantorakenteen monipuolisuus tasaavat maailmanmarkkinahinnoista johtuvia muutoksia kaukolämmön ja sähkön tuotannossa (kuva 3.3).

Öljyn hinta on viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana vaihdellut jyrkästi, eikä tulevaisuudesta ole varmuutta. Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen arvion mukaan öljyn maailmanmarkkinahinta säilyisi reaalisesti nykyisellä tasollaan vuoteen 2005 /Romppanen 1993/. Kauppa- ja teollisuusministeriö on ennen talouden taantumaa ennustanut öljyn maailmanmarkkinahinnalle noin 50 % nousua vuoteen 2010 /Energialouden kehityslinjoja 1990/. Kivihiilen ja maakaasun hinnat seuraavat tietyllä viiveellä öljyn hinnan muutoksia.





Kuva 3.3: Energialähteiden nimellisten tuontihintojen muutoksia. Kaukolämmön hintana on käytetty keskimääräistä vuotuista myyntihintaa ja sähkön hintana suoran sähkölämmityssähkön hintaa/Energiatilastot 1990/.

Lämmityssähkö on keskihinnaltaan tavallista kotitaloussähköä edullisempaa. Tämä on mahdollista, koska sähkölämmitys tasaa sähkönkäytön vuorokausivaihteluita parantaen verkon ja tuotantokoneiston käyttöastetta. Sähkölämmitys siis täydentää sähkön muita käyttömuotoja, eikä lisää kapasiteettitarvetta koko tehollaan./Kaljala 1993/

Lämmityssähkön reaalihinnan ennustetaan nousevan tarkastelujaksolla 0 - 100 %. Todennäköisempää on, että hinta on lähempänä kaksinkertaista kuin nykyistä hintaa /Väisänen 1993/ seuraavin perustein:

- verot ja ympäristömaksut nousevat
- edullisen perusvoimakapasiteetin loppuminen
- Keski-Euroopan korkea sähkön hinta aiheuttaa nousupainetta, jos markkinat avautuvat
- Sähköyhtiöiden tuottovaatimukset nousevat yksityistettäessä

Lämmitysenergian hintaan vaikuttavat tulevaisuudessa nykyistä enemmän verot, erilaiset ympäristömaksut, päästöoikeuksien kauppa, vastuuvakuutukset ja ympäristörahoitukset /Kasanen 1991//Kekkonen et al. 1993/. Energiaverotuksen vaikutusta pientalojen lämmityskustannuksiin on lähemmin tarkasteltu kappaleessa 7.3.2.

Lämmityssähkön hintaan vuotta 2010 lähestyttäessä vaikuttaa edullisen perusvoimakapasiteetin loppuminen, jos perusvoiman lisätuotannosta ei tehdä päätöksiä. Käytännössä tämä tarkoittaa kulutushuipun ulkopuolella käytettävän sähkön hinnan

nousua. Tästä olisi haittaa erityisesti varaaville sähkölämmityksille, jotka käyttävät lähes kaiken lämmitysenergiansa yöaikaan /Välimaa 1993/.

Sähkön hintakehitykseen liittyy suuria epävarmuuksia. Jos Suomi liittyy Euroopan unioniin ja sähkömarkkinat avautuvat kaavailulla tavalla, sähkön maittaiset hintaerot tasaantuvat. Saksan sähköenergiankulutus oli 1989 n. 7-kertainen /Energiatilastot 1990/ Suomen kulutukseen nähden, mutta Suomen hintataso oli vain noin puolet Saksan hintatasosta /Paananen 1993/. Jos nämä kaksi järjestelmää yhdistetään tuotantorakenteisiin ja veroihin puuttumatta, tulee Suomen sähkön hintoihin merkittävä korotus, vaikka sähkön siirtokustannukset otettaisiin huomioon.

Kuitenkin tuotantorakenteeseen on pakko puuttua kilpailun vapautuessa. Saksan on todennäköisesti luovuttava kalliin saksalaisen hiilen tukemisesta.

Keski-Euroopan sähkön korkea hintataso johtuu suurelta osaltaan sähköyhtiöiden korkeista tuottovaatimuksista. Suomessa kilpailun vapautuessa sähkön hintaa saattavat nostaa yksityisten omistajien kunnallisia korkeammat tuottovaatimukset. Toisaalta markkinoiden vapautuminen alentaa sähkön hintaa ylikapasiteetin poistuessa ja tuotannon tehostuessa./Väisänen 1993/

Pientalojen lämmityssähkön hinta tulee nousemaan suhteessa teollisuuden sähköön, koska pienkuluttajat jäävät aluksi kilpailun ulkopuolelle ja verotekniset toimet energianhinnan pitämiseksi keinotekoisena vaikeutuvat /Väisänen 1993/.

Hinnan nousu on kuitenkin rajattua, koska pienkuluttajat ovat vaikuttajia yrityksissä, jotka ovat kilpailun alaisia /Ala-Risku 1993/. Täten hinnan nousu pientaloissa heikentäisi jakeluyhtiön mahdollisuuksia kilpailla oman alueensa yritysasiakkaista. Lisäksi lämmityspuolella kilpailutilanne muihin lämmitysmuotoihin nähden on vapaa, joten raju lämmityssähkön hinnan nousu aiheuttaisi sähkölämmityksen hintakilpailukyvyn menetyksen muihin lämmitysjärjestelmiin nähden /Partanen 1993/.

Maakaasun maailmanmarkkinahinnan voidaan olettaa nousevan kivihiltä ja öljyä nopeammin, koska sen kysyntä kasvaa muita fossiilisia polttoaineita pienempien savukaasupäästöjen takia.

Puu tulee parantamaan hintakilpailukykyään muihin lämmitysenergiamuotoihin nähden tarkastelujaksolla, koska sitä ei rasiteta ympäristöveroin ja sen korjuu menetelmiin panostetaan voimakkaasti /Orjala 1993/.

Kaukolämmön hinta seurannee pitkälti sähkön hintaa. Yksityistäminen koskee tarkastelujaksolla lämpölaitoksiakin, jolloin hintapaineet ovat ulkomaan kauppaa



lukuunottamatta samat kuin sähkölläkin. Kaukolämmön tuotanto riippuu sähköä enemmän fossiilisten polttoaineiden hintakehityksestä.

### *Taloussähkö*

Jos uudessa 120 m<sup>2</sup> pientalossa on lämmöntalteenotto, saattaa taloussähkön kulutus olla vuodessa yhtä suuri kuin lämmitysenergiankulutus. Taloussähkön kulutuksesta hyödyntyy lämmitykseen ilmaislämpönä n. 70 %./Ruuskanen 1993/ Voidaan siis perustellusti sanoa, että jokainen pientalo on osittain sähkölämmitetty.

Taloussähkön kulutuksen kulutus kasvoi 1980-luvulla keskimäärin 3 % vuodessa./Asumisen... 1992/ Taloussähkön kulutus kasvaa tarkastelujakson alussa ja pysyy jotakuinkin ennallaan loppupuolella. Entistä paremmin säädettyt lämmitysjärjestelmät hyödyntävät taloussähkön kulutuksesta ja muista lähteistä tulevan ilmaislämmön nykyistä tehokkaammin. Toisaalta pientalojen eristystason paraneminen aiheuttaa nykyistä helpommin ylitäminen, jolloin osa lämmöstä menee hukkaan.

### *Lämmin vesi*

Lämpimän veden kulutus on uudessa 120 m<sup>2</sup> pientalossa noin viidesosa energiankulutuksesta. Veden kulutus vaihtelee huomattavasti riippuen kotitalouden koosta, elämänvaiheesta ja käyttötottumuksista. /Melasniemi-Uutela 1992/ Esimerkiksi perhe, jossa on kaksi alle kouluikäistä lasta, tarvitsee huomattavasti enemmän lämmintä vettä kuin kahdestaan elävä vain kerran viikossa saunova vanha pari.

Matalaenergiatekniikan yleistymisen vähentäisi lämpimän veden energiankulutusta. Kun lämmitysenergian kulutus on painettu alhaiseksi tulee lämpimän veden energian säästäminen lämmitysenergian säästämistä edullisemmaksi. Lämmöntalteenotto vedestä saattaa tulla taloudelliseksi.

### 3.3.3 HUOLTOKUSTANNUKSET

Varsinaisia huoltokustannuksia ei esiinny sähkö- ja kaukolämmityksessä. Näiden lämmitysmuotojen huoltokustannukset voidaan käsittää niiden osuutena kaukolämpö- tai sähköverkon huoltokustannuksista, mistä maksetaan tilaustehosta riippuvaa kiinteää vuosimaksua.

Sähkölämmityksen liittymiseen voidaan vielä yli 150 m<sup>2</sup> taloissa käyttää normaaleita 3\*25 A sulakkeita. Sähkölämmitystalojen liittymistehoa voidaan laskea nykyisestään suunnittelua tarkentamalla ja toteuttamalla sähkötehon risteilyä talon sisällä, joten



pientalon sähkölämmitys ei olennaisesti lisää verkostoinvestointien tarvetta. Näin ollen sähkölämmityksen kiinteä maksu tulee olemaan suhteellisen edullinen. /Hakala 1993/

Polttoonkin perustuvien järjestelmien huollon on yksinkertaistuttava, koska suurin osa pientalojen omistajista ei tahdo käyttää aikaansa lämmitysjärjestelmän parissa. Huollon lisääntyvä tarve tullaan hyväksymään vain, jos sillä saavutetaan selvää etua esim. ympäristölle.

#### **4. LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TULEVAISUUDEN VALINTATEKIJÄT**

Lämmitysjärjestelmien tulevaisuuden valintatekijät tulevat olemaan tämän työn tarkastelujakson puitteissa lähes samoja kuin nykyisin. Valintatekijöiden keskinäisessä painotuksessa tapahtuu kuitenkin muutoksia.

Yhteiskunnan megatrendit johtavat kohti suurempaa yhteisöllisyyttä /Marketing radar 1989, 1991 ja 1993/. Pehmeiden arvojen kannatuksen kasvu näkyy myös lämmitysmuotovalintoja trendittämällä (kappale 7.4.3 kuva 7.13) /Rakennustutkimus RTS Oy 1993/.

##### **4.1 TUOTEKUVAT**

Lämmitysjärjestelmän valinta perustuu pitkälti mielikuviin. Saatavilla on suuri määrä keskenään ristiriitaista tietoa eri järjestelmistä, jolloin tavallinen kuluttaja tekee hankintapäätöksensä lämmitysjärjestelmästä saamansa mielikuvan ns. tuotekuvan (nykyiset lämmitysjärjestelmätuotekuvat kova-pehmeä avaruudessa kappale 7.4.2 kuva 7.11) pohjalta.

Tuotokuva muodostuu mainonnan, tiedotusvälineiden informaation, kuulopuheiden, omien kokemusten ja assosiaatioiden pohjalta.

Mainonnassa pyritään muokkaamaan oman tuotteen tuotekuvaa ostohalua edistävään suuntaan tuomalla esille oman järjestelmän hyviä puolia. Mainonnan merkityksestä lämmitystaparatkaisuihin ei ole tarkkaa tietoa.

Mielikuvien muokkaamisessa omat kokemukset ovat merkittävä tekijä. Ihmiset mieltävät talon lämpöolosuhteet lämmitysjärjestelmästä johtuviksi, joten esim. edellisen kodin eristeiden puutteellisuus johtaa helposti lämmitystavan vaihtamiseen uutta taloa

suunniteltaessa.

Lämmitystapa-assosiaatiot syntyvät, kun alitajuisesti yhdistämme jonkin asian tiettyyn lämmitystapaan. Tiedotusvälineissä käsitelty öljyonnettomuus huonontaa öljylämmityksen ja ydinvoimalupahakemuksen hylkääminen vastaavasti sähkölämmityksen tuotekuvaa, vaikka mikään lämmitystapoihin liittynyt tosiasia ei käsittelyn aikana muuttunutkaan.

Tuotekuvat vaikuttavat eri tavoin eri kuluttajaryhmiin. Jos tuote kaupataan helppohoitoisena ja edullisena, sitä ei saada kaupaksi luonnonläheisiin, vihreisiin arvoihin vihkiytyneille kuluttajille.

Tuotekuvien merkitys korostuu, koska valinta tehdään tulevaisuudessa pehmeämpien arvojen pohjalta kuin nykyisin. Pehmeitä tekijöitä on usein vaikeampi mitata moniulotteisuutensa takia kuin kovia tekijöitä, jolloin ostopäätös perustuu hankkijan epävarmojen tietojen pohjalta luomiin mielikuviin. Esimerkiksi kokonaiskustannukset ovat laskettavissa, kun taas lämmitystapojen ympäristövaikutuksia on huomattavasti vaikeampi vertailla.

#### 4.2 YHTEISKUNNALLINEN HYVÄKSYTTÄVYYS

Yhteisöllisen ja pehmeisiin tunnearvoihin vetoavan suuntauksen jatkuessa saattaa hyväksyttävyydestä tulla merkittävä lämmitystavan valintatekijä. Vaikka lämmitystapoja ei varsinaisesti rajoitettaisikaan, yhteiskunta tai naapuristo saattaa tulevaisuudessa vaikuttaa lämmitystaparatkaisuun olennaisesti. /Partanen 1993/

Hallituksen energiansäästöohjelmassa päätettiin tukea kotimaisten polttoaineiden ja kaukolämmön käyttöä /Hallituksen energian... 1992/. Toistaiseksi tukeminen tapahtuu erilaisin avustuksin ja tekniikan kehittämiseen rohkaisemalla. Koska pakkotoimet eivät tulevaisuudessakaan näytä istuvan hyvin yhteiskuntaamme, valtiovalta saattaa pyrkiä vaikuttamaan lämmitystaparatkaisuihin tiedottamalla /Puhakka 1993/.

Lämmitystavan ratkaisupaine ei kuitenkaan tule suoraan valtiovallan tiedottamisesta vaan ihmisen lähipiiristä: naapureista, työkavereista ja tuttavista. Jos lämmitystapa menettää hyväksyttävyytensä tässä piirissä, saattaa se merkitä nopeatakin markkinoiden menetystä. Esimerkiksi Lada oli muutama vuosi sitten useita muita automerkkejä puolet halvempi ja täytti tehtävänsä ajoneuvona. Vaikka ajomukavuus kenties ei vastannut länsimerkkien tasoa, olisi se ollut vähän autoa käyttäville ehdottomasti teknistaloudellinen optimi. Vähäinen myynti oli varmasti osin selitettävissä auton huonolla yhteiskunnallisella hyväksyttävyydellä.



### 4.3 YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Ympäristövaikutukset ovat RTS-tutkimusten nojalla nopeiten yleistynyt lämmitysjärjestelmien valintatekijä /Rakennustutkimus RTS Oy 1993/.

Ympäristövaikutuksia tarkastellaan tulevaisuudessa tutkimuspuolella kokonaisvaltaisemmin kuin nykyisin. Elinkaarianalyysillä on mahdollisuus kartoittaa lämmitysjärjestelmien ympäristövaikutuksia rakennusten koko elinajalta raaka-aineiden tuotannosta talon purkamiseen tai peruskorjaukseen asti. /Ojanperä 1993/

Lämmitysenergian päästövertailuihin tulee todennäköisesti myös uusia komponentteja. Polyaromaattisten hiilivetyjen ns. PAH-päästöjen osuutta ei tähän asti ole lämmitystapojen yhteydessä käsitelty juuri ollenkaan, vaikka ne ovat merkittävän karsino- ja mutageenisia. Suomen Lääkäriliitto suositaa pienpolttoon perustuvista lämmitysjärjestelmistä luopumista taajamissa, koska PAH-päästöt kasvavat voimakkaasti polttokattilakoon pienentyessä./Suomen Lääkäriliitto 1993/

Lämmitystavoille ympäristövaikutusten osalta positiivista tuotekuvaa luodaan tulevaisuudessa pienillä energiankulutuksilla, hyötysuhteiden ja savukaasupuhdistuksen paranemisella, uusien energialähteiden ja biopolttoaineiden oheiskäytöllä sekä ympäristöystävällisillä materiaaleilla. Lisäksi positiivista ympäristökuvaa pyritään muokkaamaan lämmitystavan energialähteen yleisellä kuvalla. Esimerkiksi useilla paikkakunnilla on käynnistetty tuulivoimaan ja biopolttoaineisiin perustuvia sähkön tuotantohankkeita. Mittakaavaltaan ja kannattavuudeltaan nämä hankkeet ovat usein vaatimattomia, mutta sähkön ja sitä kautta sähkölämmityksen tuotekuvalle ne ovat merkittäviä.

Tarkastelujaksolla uusien ja bioenergiälähteiden yksinomainen käyttö lämmitykseen tulee olemaan vielä kallista ja vaivalloista /Lund 1993/. Puun käyttö pientalojen lämmitykseen onnistuu parhaiten pientaloalueilla, jossa on useille taloille yhteinen lämpökeskus /Orjala 1993/ Koska ympäristötietoisuus lisääntyy, yhteensopivuus ympäristöä säästävien lämmitysmetodien kanssa tulee olemaan tärkeää kaikille nykyisille lämmitysmuodoille.



#### 4.4 TERVEYSVAIKUTUKSET

Lämmitysmuodolta halutaan haitattomuutta terveydelle. RTS-tutkimusten mukaan tämä vaatimus on kasvanut toiseksi nopeiten ympäristön huomioon ottamisen jälkeen. /Rakennustutkimus RTS Oy 1993/.

Lämmitysjärjestelmät vaikuttavat haitallisesti ihmisten terveyteen ensisijaisesti edellisessä kappaleessa käsiteltyjen ympäristöhaittojensa kautta.

Sähköpattereiden on esitetty vaikuttavan huoneilmaan haitallisesti /Merivaara 1993/ pölyn palamisen, ilman ionisoitumisen ja ilman kosteuden muutosten kautta. Lisäksi magneettikenttien on sanottu aiheuttavan leukemiaa lapsille ja pattereiden pintalämpötilojen on uskottu olevan vaarallisen korkeita. Suurin osa edellä mainituista väitteistä on todistettu vääräksi ja loput ovat jääneet vaille tieteellistä todistusta. Jo pelkkä terveyshaittojen epäileminen on johtanut laitetekniseen kehitykseen. Esimerkiksi sähköpattereiden pintalämpötilat ovat laskeneet jopa vesipattereiden pintalämpötiloja alhaisemmiksi /Nygrén 1993/.

Edellisen kaltaisten väitteiden toistuva esiintyminen osoittaa terveystekijöiden merkityksen lämmitystavan valinnassa. Ei ole mitään syytä uskoa, etteikö tulevaisuudessakin löytyisi tai keksittäisi uusia lämmityksestä johtuvia terveyshaittoja ja etteivät nämä seikat ohjaisi osaltaan myös laiteteknistä kehitystä.

#### 4.5 ASUMISMUKAVUUS

Asumismukavuuteen kuuluu joukko hyvin erilaisia tekijöitä: huoneilman lämpötila ja kosteus, lämmitysjärjestelmän helppohoitoisuus, lämmitysjärjestelmän huonetilojen käyttöä rajoittavat ominaisuudet, eri huonepintojen pintalämpötilat, vedon tunne ja lämmitysjärjestelmän aiheuttama melu /Valjus 1989/. Monet edellä mainituista tekijöistä ovat normaalisti asumismukavuustekijöitä, mutta muuttuvat tarpeeksi voimistuessaan terveysriskeiksi.

Asukkaat itse eivät miellä lämmitystä erillisenä asumismukavuuskysymyksenä, vaan se on tyypillisesti itsestäänselvyys. Lämmitysjärjestelmä huomataan, kun se ei ole kunnossa. /BCR Oy 1989/

Kaikki lämmitysjärjestelmät tarjoavat suhteellisen korkean asumismukavuuden. Puu- ja öljylämmitykseen liittyy tosin sähkö- ja kaukolämpöä enemmän huoltotyötä. Puulämmityksen tapauksessa huolto on kuitenkin usein harrastus, joka liittyy oman metsän hyödyntämiseen. Vesikiertoisien järjestelmien säädön nopeudessa ja

tarkkuudessa on vielä kehittämisen varaa. Samoin teknisten tilojen pienentämiseen kiinnitetään huomiota jatkossa./Pöyhönen 1993/ Ilmalämmitykseen viime vuosikymmenellä liitetty melu tulee poistumaan suunnittelua parantamalla /Kohonen 1993/.

Asumismukavuuden arvostuksen kehittymistä on vaikea arvioida tutkimusten pohjalta. Asumismukavuusarvoista helppohoitoisuuden ja vaivattomuuden arvostus on laskussa, kun taas sisustusta haittaamattomuus on voimakkaassa nousussa. Sisustettavuuden arvostamisen lisääntyminen näkyy osittain lvi-alan uuden tuotteen, vesikiertoisen lattialämmityksen menestymisessä./Rakennustutkimus RTS Oy 1993/

Matalaenergiatalojen suunnittelussa on otettu huomioon asumismukavuuden vaatimukset ja asumismukavuustavoitteiksi on asetettu puhdas huoneilma, vedon poistaminen, nykyistä lämpimämmät huonepinnat ja pattereiden puuttuminen /Leppänen 1993/. Uuden tekniikan tuominen markkinoille lisää myös vanhoihin ratkaisuihin kohdistuvia vaatimuksia ja täten kehittää tekniikkaa.

Voidaankin olettaa kaikkien markkinoilla olevien lämmitysjärjestelmien tarjoavan tarkastelujakson loppupuolella erittäin korkean asumismukavuuden tason. Näin ollen asumismukavuus on lämmitysjärjestelmän valinnan yhteydessä nykyistäkin selvemmin itsestäänselvyys. Poikkeuksia korkeaan asumisviihtyvyyteen sallitaan, jos huononnuksat tuovat mukanaan yhteiskunnallista hyväksyttävyyttä tai ympäristöllistä lisäarvoa.

#### 4.6 KUSTANNUKSET

Edullisuuden merkitys on rakentajien ilmoitusten mukaan jatkuvassa laskussa lämmitysmuodon valintakriteerinä. Merkityksen vähenemistä voidaan pitää todellisena kehityssuuntana, mutta pieni osuus (edullinen hankinta 26 % ja edullinen kokonaishinta 13 %) saattaa johtua ihmisten totuuden vastaisista vastauksista. /Rakennustutkimus RTS Oy 1993/ Aukkaat hakevat helposti muita selityksiä valinnoilleen, vaikka raha olisikin valinnan pohjimmainen syy.

Kustannusten osalta painottuvat tulevaisuudessakin hankintakustannukset. Yksityisten ihmisten omalle rahalleen asettamat hyötyvaatimukset ovat erittäin korkeat /Lund 1993/. Lämmitystavoille asetettavat korkovaatimukset ovat luultavasti yleistäkin tasoa korkeampia, koska taloudellinen tilanne on tavallisesti tiukka pientaloa rakennettaessa.

Energiakustannusten merkitys vähenee pientalojen energiankulutuksen pienentyessä ja reaalitylojen kasvaessa. Energiankulutuksen pienentyminen lisää entisestään lämmitysjärjestelmäinvestoinnin suhteellista merkitystä lämmitystapaa valittaessa.



Investointikustannukset laskevat voimakkaimmin uusilla energialähteillä ja biopolttoaineilla. Alan tekniikkaa tutkitaan aktiivisesti, joten uusia innovaatioita on odotettavissa. Innovaatioita nopeammin uusien lämmitysjärjestelmien hintaan vaikuttaa yleinen sääntö, että tuotteiden hinta laskee aina voimakkaasti elinkaaren alussa./Lund 1993/

#### 4.7 SAATAVUUS

Koska pientalorakentaminen pysyy vuoteen 2010 asti jatkuvasti alle viime vuosikymmenen huipun (kappale 3.1), ei perinteisiin lämmitysjärjestelmiin pätevöityneistä suunnittelijoista ja urakoitsijoista ole puutetta. Myös perinteisiä lämmityslaitteita on riittävästi saatavilla.

Matalaenergiatekniikkaan perehtyneiden suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden saamisessa on ongelmia tarkastelujakson alkupuolella. Lämmityslaitteiden tekninen kehitys saattaa aluksi jäädä jälkeen talokuoren kehityksestä, jolloin ensimmäisiin matalaenergiataloihin on tarjolla vain epäkypsiä lämmityskokonaisuuksia. Suuren edun markkinoilla saavuttaa lämmitystapa, joka ensimmäisenä tarjoaa toimivan, kohtuuhintaisen ja tarkoituksenmukaisen lämmitysjärjestelmän matalaenergiataloihin.

Uusien energialähteiden ja biopolttoaineiden pientalojen lämmityskäytön suunnittelun, urakoinnin ja lämmityslaitteiden saatavuuden kanssa on tarkastelujakson alkupuolella suuria vaikeuksia. Jokainen kohde on aluksi eräänlainen koetalo suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden koulutuksen ja kokemuksen puutteen vuoksi.

#### 4.8 MONIPUOLISUUS

Lämmitystavan monipuolisuudella tarkoitetaan tässä kolmea eri asiaa. Lämmitystavan järjestelmien tekninen monipuolisuus ja toisistaan eroavuus koostuvat mitattavista suureista kuten ominaiskulutuksista, investointikustannuksista, lämmöntuotannon hyötysuhteista jne. Toisena merkityksenä monipuolisuudella on lämmitysjärjestelmän tuotekuvan edustama, asiakkaan osittain fiktiivinen, käsitys lämmitystavan järjestelmien ominaisuuksista. Monipuolisuutena on käsitelty myös lämmitystavan järjestelmien kriisiajan ja poikkeustilojen valmiutta.

Öljykriisien jälkeen ovat lämmitysjärjestelmien ostajat kiinnittäneet huomiota järjestelmänsä lämmitysenergian riittävyYTEEN ja hintakehitykseen. Öljyn hinta on muutosherkkä myös tulevaisuudessa, koska tiedossa olevista öljyvaroista 66 % on Persianlahden epävakaiden ympärysaltojen alueella. Öljyn hinnan muutokset



heijastuvat myös muihin polttoaineisiin ja sitä kautta sähköön ja kaukolämpöön, mutta näiden heilahtelut eivät ole läheskään yhtä arvaamattomia kuin öljyn (kappale 3.3.2 kuva 3.3).

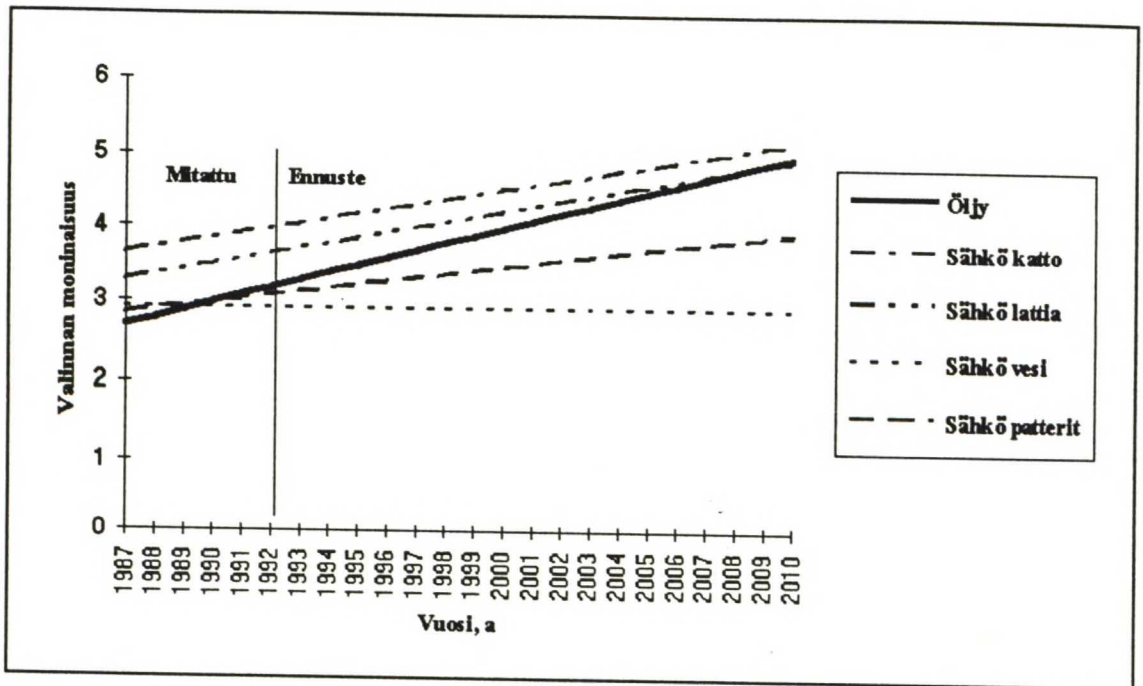
Ihmiset eivät nykyisin lämmitysjärjestelmää hankittaessa yleensä huolehdi lämmitysenergian saatavuuden äkkinäisestä katkeamisesta. Lisäksi n. 97 %:iin uusista pientaloista tulee jonkinlainen tulisija, joka lisää kriisivalmiutta /Simola 1989/. Sähkön ja kaukolämmön kriisivalmius on monipuolisen tuotantorakenteen takia ilman tulisijojakin erinomainen /Ala-Risku 1993/.

Uusi sähkömarkkinalaki saattaa aiheuttaa epäilyjä sähkön riittävydestä kulutushuippujen aikana. Varsinkin sähkölämmityksen kanssa kilpailevien alojen mainoksissa saatetaan lietsoa epävarmuutta sähkön riittävydestä, sillä valtio vastaa sähkön lämmityskilpailija öljyn varmuusvarastoinnista. Sähkön riittävyys taataan aluksi verkkoyhtiöille tai tuottajille asetettavien velvoitteiden avulla ja myöhemmin vapaan kilpailun keinoin /Kekkonen, kesk. 1993/.

Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän valinneista yli 20 % perustelee valintaansa mahdollisuudella vaihtaa polttoainetta tulevaisuudessa, mitä voidaan pitää haluna varautua sekä kriiseihin että energian hintasuhteiden muutoksiin. Vaihtomahdollisuuden merkitys valintatekijänä on kuitenkin ollut laskussa kaikilla lämmitysjärjestelmillä. /Rakennustutkimus RTS Oy 1993/

Lämmitystavan tekninen monipuolisuus antaa mahdollisuuden tarjota kunkin asiakkaan tarpeisiin parhaiten sopivan järjestelmän. Sähkölämmityksen monipuolisuus on tällä hetkellä ylivoimainen muihin lämmitystapoihin nähden. Monipuolisuuden merkitys korostuu asiakkaiden vaatimusten muuttuessa ja poiketessa kuluttajaryhmittäin yhä enemmän toisistaan. Siis vaikka yleinen kehityksen suunta on kohti pehmeitä arvoja on vielä suuri joukko ihmisiä, jotka valitsevat lämmitysjärjestelmänsä ensisijaisesti aiheutuvien kokonaiskustannusten perusteella.

Seuraavassa on RTS-tutkimusten pohjalta tarkasteltu lämmitysjärjestelmien tuotekuvien moniarvoisuuden kehittymistä. Kuvassa 4.1 on esitetty Lämmitystapansa valinneiden pientaloasukkaiden lämmitysjärjestelmävalinnan perustelujen keskimääräinen lukumäärä vuosittain (max 15 kpl min 0 kpl) /Rakennustutkimus RTS Oy 1993/.



Kuva 4.1: Lämmitysjärjestelmien valinnan monipuolisuus kohtia valittu 15:sta mahdollisesta per paperi.

Kehityssuuntana nähdään lämmitystavan valintaan löytyvän yhä useampia perusteita. Tämä voi kuvaa lisääntyntä kiinnostusta lämmitystapakysymyksiin. Öljylämmityksen tuotekuva on monipuolistumassa voimakkaimmin.

#### 4.9 LÄMMITYSALAN ASIAANTUNTIJOIDEN MIELIPITEITÄ

Pientalojen lämmityskehitystä ohjaa edellä käsiteltyjen seikkojen lisäksi myös alalla toimivien tahojen näkemykset tulevaisuudesta. Jos eri piireissä arvostettujen asiantuntijoiden ja valtiollisten vaikuttajien näkemykset ovat saman suuntaisia, kehitys ohjautuu automaattisesti auktoriteettien näkemysten suuntaan. Tämä luku on kirjoitettu lämmitysalalla eri puolilla toimivien vaikuttajien keskuudessa tehdyn haastattelututkimuksen pohjalta. Tutkimukseen osallistui henkilöitä neljästä sähkölaitoksesta, KTM:n energiaosastolta, LVI-alan keskusliitosta, uusia energialähteitä tutkivasta Nemo-projektista, VTT:n poltto- ja lämpötekniikan laboratoriosta, VTT:n LVI-tekniikan laboratoriosta, Maakaasuyhdistyksestä ja Sähkösuunnittelutoimisto Hakalasta.

Uusien pientalojen ominaiskulutusten huomattava putoaminen lähitulevaisuudessa eli matalaenergiatekniikan tulemisesta olivat kaikki asiaan kantaa ottaneet haastatellut yhtä mieltä. Yhtä mieltä oltiin myös lämmityksen säätöjärjestelmien yksinkertaisuuden



tarpeesta. Älytalon, jossa koko pientalon lämmityksen, turvallisuusjärjestelmien, valaistuksen säädöt ja ohjaukset on yhdistetty, katsottiin antavan odottaa itseään vielä yhden sukupolven tai toteutuvan erittäin yksinkertaistetulla käyttöliittymällä.

Lämmitysmuotojen hankinnan rajoittamiseen tähtäävien toimien katsottiin vaikeutuneen viimeisten vuosien kuluessa, koska on siirrytty aiempaa selvemmin vapaaseen markkinatalouteen. Samalla todettiin erilaisten rajoitusten olevan vaikeita toteuttaa ja rajoitusten tulevan kysymykseen vasta viimeisenä vaihtoehtona.

Puun käytön uskottiin lisääntyvän tarkastelujaksolla. Erot vastaajien välillä olivat arvioissa pääasiallisesta lämmitysmuodosta.

Sähkön hinnoittelu jakoi mielipiteitä. Eräissä sähköyhtiöissä uskottiin kiinteiden kustannusten osuuden kasvavan. Toisissa yhtiöissä katsottiin reaaliaikaisen, energiansäästöön ohjaavan hinnoittelun yleistyvän. Pienkäyttäjien sähkön hinnan oletetaan nousevan.

Yhtä vastaajaa lukuunottamatta kaikki vastaajat uskovat lämmitysjärjestelmän toimintavarmuuden ja helppohoitoisuuden merkityksen korostuvan tulevaisuudessa.

Sähköyhtiöissä sähkölämmityksen tulevaisuus nähdään valoisana ja sen markkinaosuuden uskotaan jopa nousevan. Matalaenergiateknologian nähdään parantavan sähkölämmityksen kilpailukykyä.

LVI-alan keskusliitossa sähkön hinnan muita lämmitysenergiälähteitä nopeamman nousun ja sähköpattereiden liian korkeiden pintalämpötilojen arvellaan heikentävän sähkölämmityksen kilpailukykyä. Sähkölämmityksen markkinaosuuden uskotaan olevan pientaloissa 60 % vuonna 2010. /Merivaara 1993/

## 5 SÄHKÖLÄMMITETTY PIENTALO VUONNA 2010

Talotekniikan yleinen kehittyminen vaikuttaa kaikkien lämmitystapojen kehittymiseen. Tulevaisuudelta voidaan odottaa kolmea pientaloteknistä pääkehityssuuntaa vuoteen 2010 (luku 8). Todennäköisimpänä voidaan pitää matalaenergiatekniikan leviämiseen perustuvaa kehityssuuntamallia. Ellei erikseen mainita, käytetään tulevaisuuden kehitykselle tätä perusuraa.

### 5.1 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Sähkölämmityksellä on lämmitystavoista monipuolisin lämmitysjärjestelmävalikoima. Lämpö voidaan tuottaa lämmityspaikalla tai lämpökeskuksessa. Lämpökeskuksesta lämpö voidaan tuottamisen jälkeen jakaa joko veden tai ilman välityksellä. Suoraan käyttöpaikalla lämpö voidaan tuottaa sähköpattereissa, kattolämmityskelmuissa, lattialämmityskaapeleissa tai -kelmuissa, säteilylämmittimissä, lämpölistoissa jne. Sähköpattereitakin on rakenteeltaan hyvin erilaisia /Hakkarainen 1989/.

Uusia sähkölämmittimiä ja sähkölämmitysjärjestelmiä tulee markkinoille jatkuvasti. Sähkölämmitys valtaa alaa helppohoitoisuutensa takia myös muilla tavoin lämmitetyissä taloissa erikoissovellutuksina kuten miellyttävyys lattialämmityksenä, ajoliusköjen sulanapitäjänä ja ilmastoinnin jälkilämmityspattereina. Ikkunalämmitys on hyvä tapa suurten ikkunapintojen aiheuttaman vedontunteen estäjänä /Virolainen 1993/.

Sähkölämmitys voidaan toteuttaa varaavana, jolloin lämmitykseen käytetään aina 90 % asti yöajan halvempaa sähköä. Energia voidaan varata rakenteisiin, veteen tai erilliseen massavaraajaan /Hakkarainen 1989/.

Sähkölämmityksellä on lämmitystapana hyvät mahdollisuudet vastata tulevaisuuden haasteisiin, koska sähkölämmitysjärjestelmiä ja -laitteita on hyvin erilaisia. Mahdollisille kehityssuunnille on luotavissa olemassa olevista laitevaihtoehtoista kehittämällä toimiva sähkölämmitystuoteperhe.

#### 5.1.1 MATALAENERGIA

Matalaenergiatulevaisuudessa tullaan päätyämään sähkön käyttöön lämmityksessä seuraavin perustein: sähkö tuodaan rakennukseen joka tapauksessa, sähkölämmityksen investointikustannukset ovat alhaiset ja sähkölämmityksen säätö on helppoa sekä tarkkaa.



Todennäköisimmin lämmitys Kohosen mukaan integroidaan ilmanvaihtoon. Koska niin ilmanvaihdossa, lämmityksessä kuin valaistuksessaakin pyritään tarpeenmukaisuuteen /Kohonen 1991/, saadaan säästöjä varsinaisten lämmityslaitteiden puuttumisen lisäksi tyhjillään olevien huonetilojen käytössä olevia vähäisemmästä lämmityksestä, ilmanvaihdosta ja valaistuksesta.

Ilmalämmitys voidaan toteuttaa sähköllä monella eri tavoin. Jos sähkön hinta on öisin tulevaisuudessa huomattavasti edullisempi kuin päivällä, kannattaa lämmitysjärjestelmä toteuttaa varaavana, vaikka kulutettavat energiamäärät ovat pieniä. Esimerkiksi talon lämpösydämenä voidaan käyttää ala- tai välipohjaa, jota varataan yösähköllä. Tämä lämpöpala pidetään läpi vuorokauden jotakuinkin vakiolämpötilassa. Jos jossain huonetilassa tarvitaan lämpöpalan lämpötilaa korkeampaa lämpötilaa, saadaan lämpötilaa nostettua huonekohtaisesta kanava- tai venttiililämmittimellä /Sarja 1993/.

Kanava- tai venttiililämmitys voidaan korvata tai koko lämmitys toteuttaa ikkunälämmittimin, lämmitettävien maalein tai lakoin, koska lämmitysenergian tarve ja lämmitystehon huippu tulevat olemaan alhaisia.

Lämmöntalteenottolaitteet kehittyvät, koska matalaenergiatekniikassa ilmanvaihdon osuus lämmityshäviöistä kasvaa.

Säätöjärjestelmän merkitys rakennuksen toimivuuden kannalta korostuu. Toisaalta säädön on oltava keskitetty riittävän ilmanvaihdon takaamiseksi ja lämmityksen kokonaistaloudellisuuden varmistamiseksi ja toisaalta käyttöliittymän pitäisi olla yksinkertainen. Ilmanvaihdon ja lämmityksen lisäksi pientalon säätöjärjestelmään tulevat liittymään pientalon turvallisuus ja muut ohjausta tai valvontaa vaativat tekijät /Kohonen 1993/.

### 5.1.2 PERINTEINEN

Perinteinen sähkölämmitysjärjestelmä vastaa pitkälti nykyisiä järjestelmiä. Tämä järjestelmä tulee olemaan elinvoimainen, jos pientalotekniikka seuraa rauhallista kehitysuraa (kts. 8.2).

Lämmittimien laatu paranee kehityksen mukana. Sähköpatterit tulevat mekaanisesti vahvemmiksi /Partanen 1993/ ja pintalämpötilat alenevat. Koska suuntaus on seurausta taloudellisuuden periaatteesta, eivät uudet kalliimmat lämmityslaitteet kuten lämmitettävät ikkunat, maalit, lakat tai rakenneosat saavuta mitenkään merkittävää osuutta laitemarkkinoista.

Lämmityskulutuksen pieneneminen heikentää varaavien järjestelmien kannattavuutta. Toisaalta ominaiskulutuksen pieneminen on niin pientä, että sähkön hinnan rakenteen muutokset saattavat tehdä varaavista järjestelmistä jälleen kilpailukykyisiä.

Lämpötilan säätö tulee tapahtumaan pääsääntöisesti huonekohtaisin termostaatein, mutta asumismukavuuden vaatimukset lisäävät keskitettyjen säätöjärjestelmien markkinaosuutta. Tietokonepohjainen kokonaisvaltainen lämmityksen ja muiden toimintojen käsittävä käyttökeskus yleistyy vain, jos hinta saadaan putoamaan ja käyttäminen yksinkertaistettua.

### 5.1.3 USSÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Mahdollinen vihreiden arvojen vallankumous vaatii kaikilta perinteisiltä lämmitysjärjestelmiltä muuntumista, jos ne aikovat pysyä markkinoilla.

Sähkölämmitys saattaa omaksua roolin lisälämmitysmuotona. Pääosa lämmitysenergiasta tuotettaisiin biopolttoaineilla, aurinkolämpötekniikalla, lämpöpumpuilla tai muualla tuotetusta vedystä. Lisälämpöä tarvitaan biopolttoaineiden kanssa, kun ollaan poissa paikalta tai jos muuten ei kyetä hoitamaan varsinaista lämmitysjärjestelmää. Tuuli- ja aurinkoenergiaan perustuvissa järjestelmissä lisälämpöä tarvitaan, kun pääasiallista energiaa ei ole saatavilla ja energiavarastot on käytetty loppuun. Varastointi on myös lähitulevaisuudessa kallis ratkaisu, mikä lisää muun lämmön tarvetta. Sähkölämmitys on taloudellisesti edullisin tapa lisälämmön tuottamiseen pienten investointikustannustensa ansiosta.

Uussähköjärjestelmäksi kutsutaan myös sähkölämmitysjärjestelmää, jossa merkittävä osa käytetystä sähköstä tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä esimerkiksi tuulipuistoissa, biopoltoon perustuvissa vastapainelaitoksissa, tuuli- ja aurinkopuistoissa tai pienvesivoimaloissa. Tällöin itse lämmitysjärjestelmä voi säilyä nykyisen kaltaisena.

Matalaenergiapientalotekniikka saattaa yhdistyä lisääntyvään uusiutuvien energialähteiden käyttöön vihreiden arvojen kumouksessa, vaikka onkin taloudellisesti epäviisasta investoida yhtäaikaan paljon energiankulutuksen vähentämiseen ja lämmitysjärjestelmään. Matalaenergiatekniikan yleistymisen parantaa sähkön kilpailukykyä niin lisälämmityslähteenä kuin pääasiallisena lämmitysmuotonakin (kts. 5.1.1).



Vihreä suuntaus korostaa luonnonläheisiä arvoja, joten lämmitysjärjestelmän säädön täytyy tapahtua suhteellisen yksinkertaisesti. Voidaan jopa olettaa säätöjärjestelmien merkityksen vähenevän.

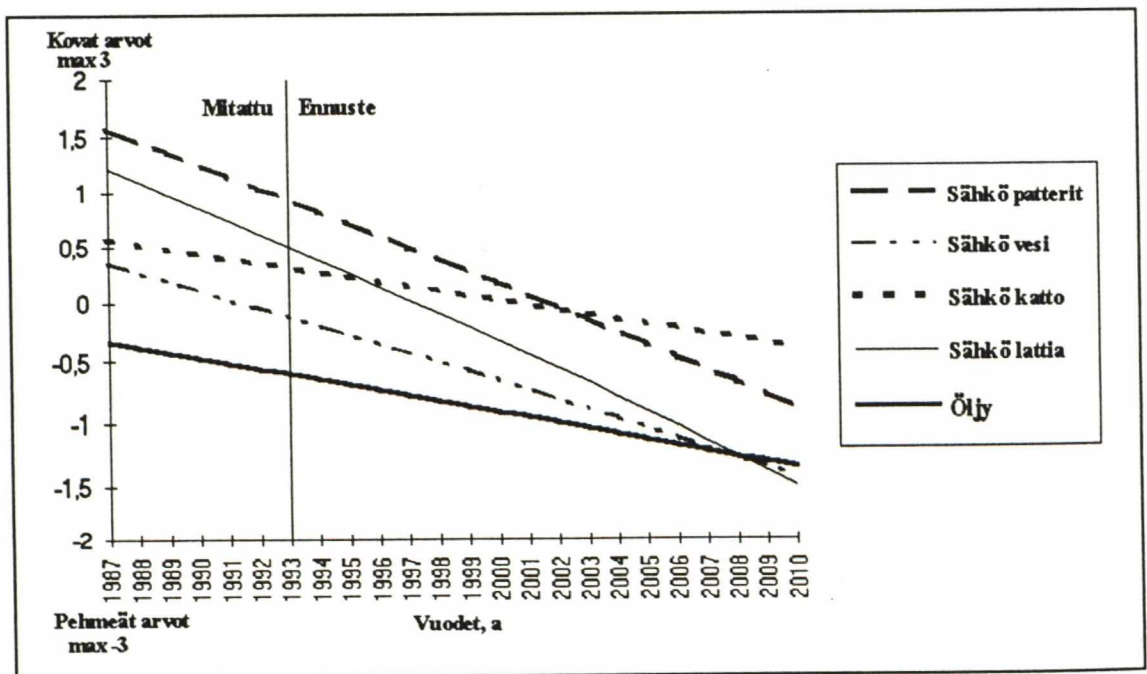
Lämmityslaitteet pyrkivät muuttumaan erilaisten terveydellisten ja ympäristöseikkojen mukana mahdollisimman nopeasti, vaikka tieteellistä todistusta esitetuille väitteille ei olisikaan.

## 5.2 OMINAISUUDET

Sähkölämmityksen on muututtava kehityksen mukana ja vastattava asiakkaiden tarpeisiin säilyäkseen markkinoilla. Tämä perusvaatimus ohjaa koko lämmitysjärjestelmän teknistä ja tuotekuvan kehittymistä.

### 5.2.1 TUOTEKUVA

Tuotokuva vastaa asiakkaiden muuttuviin vaatimuksiin nopeammin kuin tekninen kehitys. Tuotekuvan merkitys kasvaa, koska pientalojen lämmitysmarkkinoilla on lähitulevaisuudessa tapahtumassa suuria muutoksia.



Kuva 5.1: Lämmitysjärjestelmien tuotekuvien kehittyminen.

Sähkölämmityksen tuotekuvan tulisi pehmentyä seuratakseen lämmitystapavalintojen arvojen kehitystä (kappale 7.4.3 kuva 7.13). Oikeansuuntaista kehitystä on ollut havaittavissa RTS-tutkimuksista /Rakennustutkimus RTS Oy 1993/. Kuva 5.1 on tehty vuosien 1987 - 1992 mittaustuloksien perusteella.

Kun tuotekuva esitetään voimakkaasti yksinkertaistettuna (taulukko 7.4) vain koviin arvoihin ja pehmeisiin arvoihin jaettuna, yksittäisen tuotteen markkinoinnin kannalta optimaalinen sijainti on lähellä yleistä mielipiteiden keskiarvoa (kappale 7.4.3 kuva 7.13). Tuotteelle tulisi löytyä hankintaperusteluja sekä kovista että pehmeistä seikoista. Tällöin tuotetta olisi mahdollista markkinoida erilaisille kuluttajille.

Sähkölämmitykselle on lämmitystapana etua useista eri lämmitysjärjestelmä-vaihtoehtoista vain, jos järjestelmät sijoittuvat eri osiin mielipideavaruutta. Kutakin sähkölämmitystuotetta voidaan markkinoida näin ollen kohderyhmälle, jolle se parhaiten sopii.

### 5.2.2 YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Koko Suomen päästöjen kannalta lämmityksen rikkidioksidi-, typenoksidi ja hiilidioksidipäästöillä ei ole suurta merkitystä (kuva 5.2). Tulevaisuudessa lämmityksen osuus kokonaispäästöistä tulee vähenemään lämmityksen ominaiskulutusten pienentyessä. Päästöillä on paikallista merkitystä, jos alueella käytetään paljon pienpolttoon perustuvia lämmitystapoja. Erityisesti hiukkaspäästöt ovat pienpoltossa keskitettyä polttoa suuremmat.

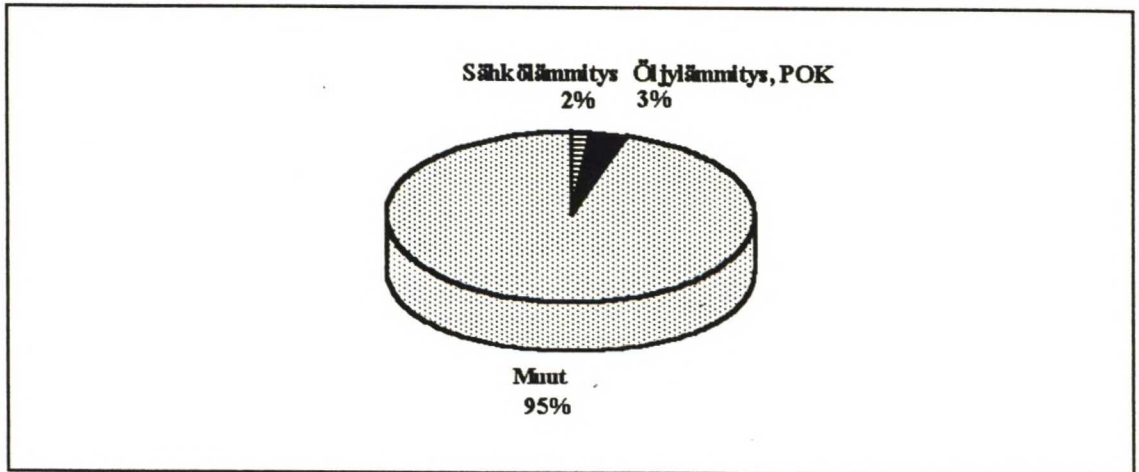
Sähkölämmityksellä ei ole haitallisia ympäristövaikutuksia lämmön käyttöpaikalla. Ympäristöhaitta syntyy sähköntuotannon ympäristöpäästöistä ja lämmityslaitteiston valmistuksesta.

Rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöt on mahdollista saada kuriin puhdistustekniikalla. Hiilidioksidi voidaan periaatteessa erottaa, muttei hävittää. Käytännössä hiilidioksidille ei ole olemassa puhdistuskeinoja. Ympäristönsuojelutekniikan kehittymisen lisäksi sähkön tuotannon kaikkia päästöjä laskee hyötysuhteiden- ja rakennusasteiden jatkuva paraneminen tarkastelujaksolla. /Heikkinen 1992/

Lämmityssähkön ympäristövaikutuksia tarkasteltaessa on lähdettävä liikkeelle lämmityssähkön kulutuksen jakautumisesta eri vuoden ja vuorokauden ajoille. Tunneittaisesta tarkastelusta nähdään, ettei lämmityssähkön tuotantorakenne olennaisesti poikkea sähkön tuotannon keskimääräisestä rakenteesta. Lämmitykseen käytettävää



sähköä tuotetaan hieman enemmän vastapainevoimalla (33,0 %) kuin sähköä keskimäärin (30,2 %) ja hieman vähemmän vesivoimalla (22,7 %) kuin sähköä keskimäärin (23,5 %). /Kaljala 1993/



Kuva 5.2: Sähkö- ja öljylämmityksen hiilidioksidipäästöt Suomen kokonaispäästöistä (70 Mt 1991). /Kaljala 1993/

Päästöihin vaikuttaa olennaisesti myös sähkön tuotantorakenteen kehittyminen, jonka vaikutus näkyy hitaasti, koska voimaloiden käyttöiät ovat pitkiä. Kuitenkin sähkölämmityksen kulutuksen rakenteesta johtuen peruskuorman tuottamisen merkitys korostuu päästöjen tuottajana. Yhden ydinvoimalan (1000 MW) korvaaminen hiililauhdevoimalla lisää sähkölämmityksen ominaispäästöjä vuonna 2000 seuraavasti: rikkidioksidi +16 %, typenoksidit +12 % ja hiilidioksidi +27 %./Heikkinen 1992/ Sähkölämmityksen rikkidioksidi- ja typenoksidipäästöt vähenevät vuoteen 2000 mennessä öljylämmityksen päästöjä nopeammin voimalaratkaisuista huolimatta./Kaljala 1993/

Sähkölämmitys soveltuu alhaisten investointikustannustensa ja hyvän säädettävyytensä takia käytettäväksi erilaisten uusiutuvien ja bioenergiälähteiden kanssa. Uusiutuvien ja bioenergiälähteiden lisääntyvä käyttö yhdessä ominaiskulutusten pienemisen kanssa vähentää yksittäisen uuden sähkölämmitetyn pientalon päästöjä tarkastelujaksolla. Toisaalta sähkön käyttö lisälämmityksessä lisää sähkötehon tarvetta juuri tehohuipun aikana, mikä on kansantalouden kannalta haitallista.

Suoran sähkölämmitysjärjestelmän välillinen energiankulutus on huomattavasti pienempi kuin vesikiertoisilla järjestelmillä. Lämmityslaitteiden välillisen energian kulutus on matalaenergiapientalossa nykyisiä pientaloja alhaisempi.

### 5.2.3 TERVEYSVAIKUTUKSET

Sähkölämmityksen merkittävimmät terveysvaikutukset aiheutuvat tulevaisuudessakin sähköön tuotannon päästöistä, joita on käsitelty edellisessä kappaleessa.

Jännitteinen sähkölämmitin aiheuttaa ympärilleen sähkökentän ja virrallinen magneettikentän. Sähkölaitteet ja järjestelmät rakennetaan symmetrisiksi, jolloin mitattavissa olevat kentät ovat pieniä ylijäämäkenttiä /Valjus 1989/. Sähkö- ja magneettikenttiin on kiinnitetty ja tullaan kiinnittämään huomiota, vaikka sähköisillä kentillä ei ole todettu mitään terveydellisiä vaikutuksia /Kajala 1993/.

Sisäilman kosteus ei riipu lämmitystavasta. Ainoastaan puu-uunilämmityksessä palamisen kuluttaman hapen korvaava ulkoa tuleva korvausilma vaikuttaa ilman kosteuteen./Haahtela 1993/

Sähkölämmittimet eivät vaikuta sisäilman ionipitoisuuteen tai -jakaumaan, jos lämmittimien vastukset eivät saavuta satojen asteiden lämpötiloja ja ole suorassa kosketuksessa huoneilmaan /Valjus 1989/.

Huonepölyn hajoaminen alkaa noin 70 °C:ssa ja on noin 200 °C:een asti vähäistä. Pölyn palamista on tutkittu myös käytännössä mittaamalla sähkölämmitetyn pientalon huonepölyä. Tuloksissa ei havaittu mitään tavallisuudesta poikkeavaa./Valjus 1989/

Sekä ioni- että pölyn palamisongelma on otettu kuitenkin huomioon ja asuintiloihin tarkoitettujen sähkölämmittimien pintalämpötilat ovat laskeneet. Markkinoilla olevilla suljetuilla sähkölämmittimillä ulkopinnan lämpötilat ovat alle 100 °C. Yhdistelmälämmittimillä etupinnan lämpötila on usein alle 70 °C /Nygrén 1993/. Katto- ja lattialämmityksessä rakenteiden pintalämpötilat eivät ylitä 40 °C.

Vuoden 1994 alusta lähtien lämmittimien tarkastuksia voidaan suorittaa muuallakin kuin Sähkötarkastuskeskuksessa ja vuoden 1995 alusta on jokaisesta sähkölämmittimestä oltava mitatut tekniset tiedot, jotka täyttävät Euroopan Unionin vaatimukset. Sähköasennusten tarkastuksista ruvetaan kilpailemaan vuonna 1995./Lehto 1993/ On tärkeää, että sähkölämmityksen turvallisuus ei kärsi muutoksista.

Sähkölämmityksen terveysvaikutukset vähenevät tuotannon päästöjen pienentyessä. Varsinainen sähkölämmitysjärjestelmä ei aiheuta terveydelle haittaa tulevaisuudessakaan.



#### 5.2.4 ASUMISMUKAVUUS

Sähkölämmitysjärjestelmillä päästään huoneilman lämpötilan tarkkaan säätöön, koska lämmittimissä on vain lyhyt viive. Huoneilman säädön tarkkuudella saavutetaan asumismukavuuden lisäksi myös energiansäästöä. Energiansäästö lisää säädettävyyden ja säätöjärjestelmien tutkimiseen käytettäviä voimavaroja. /Kohonen 1993/

Huonelämpötilat saadaan tasaisiksi oikein suunnitellulla sähkölämmitysjärjestelmällä. Tulevaisuudessa lämmitettävien ikkunoiden, lakkojen ja maalien käyttö yleistyy, jolloin huoneen pintojen kosketuslämpötilat saadaan pidettyä nykyistä tarkemmin haluttuina. Huoneen lämpötilojen ollessa tasapainossa vedon tunnen häviää.

Sähkölämmitysjärjestelmät ovat tulevaisuudessakin huoltovapaita ja helppohoitoisia. Erilaiset yhteiskäytöt esimerkiksi aurinkoenergian tai puun käytön kanssa lisäävät huoltotarvetta ja lämmitysjärjestelmän viemää tilaa.

Sähkölämmityksen asumismukavuus on jo nykyisin korkealla tasolla, joten suuria parannuksia ei ole odotettavissa.

#### 5.2.5 KUSTANNUKSET

Uuden sähkölämmitetyn pientalon energiakustannukset nousevat maltillisesti tarkastelujaksolla, koska energiankulutus pienenee huomattavasti matalaenergiatekniikan yleistyessä pientaloissa. Energiakustannusten pienemisen suuruus riippuu kulutuksen putoamisen voimakkuudesta, sähkön tuotantorakenteen muutoksista ja muista sähkön hintaan vaikuttavista tekijöistä (kts 3.3.2). Todennäköisesti pientalon lämmityssähkön reaalihintaa nousee lähes kaksinkertaiseksi. /Väisänen 1993/.

Sähkölämmityksen investointikustannukset laskevat olennaisesti matalaenergiatekniikan yleistyessä. Ei tarvita erillisiä pattereita, kaapeleita tai kelmuja, vaan lämmitys voidaan toteuttaa esim. ilmanvaihdon yhteyteen.

Toisaalta on mahdollista, että kalliimpien lämmitykseen jotain lisäarvoa tuovien järjestelmien osuus lisääntyy. Ympäristön suojeluun ollaan valmiita investoimaan aiempaa enemmän ja toisaalta asumismukavuuden maksimoimiseen on tarjolla uusia sähkölämmitysratkaisuja.

### 5.2.6 SAATAVUUS

Perinteisten sähkölämmityslaitteiden, suunnittelun ja urakoinnin saatavuudessa ei tule olemaan ongelmia.

Pientalojen ominaiskulutusten putoaminen ja uusiutuvien energialähteiden lisääntyvä oheiskäyttö saattavat aiheuttaa saatavuusongelmia. Lämmityslaitteiden tekninen kehitys ei ehkä ehdi seurata toteuttamisintoa ja pätevistä suunnittelijoista sekä urakoitsijoista voi olla pulaa. Tällaiset seikat voivat aiheuttaa lämmitysjärjestelmän virheellisiä toteutuksia, jotka puolestaan hidastavat ko. tekniikan laajempaa käyttöönottoa.

Sähkölämmitys on tällä hetkellä saatavilla vapaarahoitteisiin kohteisiin Suomessa kaikkialla missä sähkökin, jos tontin luovutusehdoissa ei muuta määrätä. Saatavuusuhan tulevaisuudessa muodostavat erilaiset valtion toimet, joilla sähkölämmitystä pyritään rajoittamaan tai kokonaan kieltämään uudisrakennuksissa.

Pientalojen julkiset asuntolainoitusmääräykset kehottavat liittymään alue- tai kaukolämmitykseen aina, kun se on taloudellisesti perusteltua. Jos mahdollisuutta ei vielä ole kehotetaan varautumaan mahdollisuuteen rakentamalla vesikeskuslämmitys. Jos käytetään suoraa sähkölämmitystä, tulisi tehonohjauksessa käyttää kiuasvuorottelua ja verkkokäskyohjausta sekä toteuttaa järjestelmä mahdollisimman varaavana./Asuntohallitus 1987/ Valtiorahoitteisilla rivi- ja kerrostaloilla on kuitenkin rajoittavia määräyksiä.

Nykyiset määräykset valtiorahoitteiselle rakentamiselle ovat voimassa 1.3. 1994 asti, jonka jälkeen erilliset määräykset poistuvat. Mahdolliset uudet määräykset tulevat kaikkea rakentamista koskeviin rakentamismääräyksiin, jotka ovat valmiit 1995.

Vuonna 1995 valmistuu hallituksen uusi energiansäästöohjelma, jossa myös saattaa olla tavoitetasolla esitetty sähkölämmityksen rajoittamista. Kauppa- ja teollisuusministeriössä on herännyt huoli sähköenergian riittävydestä eduskunnan ydinvoimaratkaisun oltua kielteinen. Energiansäästöön kuulutetaan markkinataloutta järeämpiä välineitä ja mietitään myös sähkölämmityksen rajoittamista /Kääriäinen 1993/.

Kaupungilta tai kunnalta tonttia ostettaessa on tavanomaista, että tontin luovutusehtoihin kuuluu kohta kaukolämpöön liittymisestä. Joillain alueilla on pyritty järjestämään mahdollisuus ostaa tontti myös alueilta, joilla rajoituksia lämmitystavalle ei ole /Partanen 1993/.

Hallinnollisia ohjauskeinoja sähkölämmityksen yhteydessä rajoittaa tuleva sähkömarkkinalaki /Tiusanen 1993/. Laissa veloitetaan myymään sähköä normaaleihin käyttotar-



koituksiin, joiksi katsotaan myös sähkölämmitys. Jotkut energialaitosten kaukolämpöpuolen edustajat ovatkin ehdottaneet, ettei sähkölämmitystä pidettäisi kaukolämpöalueilla sähkön tavanomaisena käyttömuotona /Ekono 1990/.

Sähkölämmitystä voidaan tulevaisuudessa ehkä rajoittaa kaavamääräyksin. Kaavamääräyksillä saadaan alueen lämmitysratkaisut päätettyä tonttien omistussuhteista riippumatta. Käytännössä kaavamääräysten käyttö suosisi kaukolämpöä ja mahdollisesti maakaasulämmitystä /Puhakka 1993/.

Asettamalla sähkölämmitykselle muita lämmitysmuotoja tiukemmat rakentamismääräykset voitaisiin sähkölämmityskohteiden energiankulutusta alentaa. Käytännössä tiukat rakentamismääräykset johtaisivat sähkölämmityksen osuuden vähenemiseen, sillä tiukkojen normien mukainen rakennus tulisi hyvin kalliiksi. Useimmissa tapauksissa korvaavaksi lämmityslähteeksi valittaisiin öljy, jos sitä koskevat normit olisivat löysemmät. /KTM, Sähkön kysynnän... 1993/

Rakentamismääräyksiin on myös ajoittain ehdotettu laiteteknisiä määräyksiä koskien pattereiden pintalämpötiloja. /Merivaara 1993/ Tästä ei sähkölämmitykselle ole merkittävää haittaa, koska sähkölämmityspattereiden pintalämpötilat ovat nykyisin aivan vesikiertoisten pattereiden tasoa /Saari 1993/.

Vanhoissa valtion asuntolainaehtoissa oli myös sähkölämmitteisille pientaloille määrätty pakolliseksi varapolttoaineen käytön mahdollisuus kriisitilanteissa /Puhakka 1993/. Tähän ei kuitenkaan ole mitään syytä mennä, koska yli 95 %:iin sähkölämmitetystä kohteista tulee muutenkin tulisija /Simola 1989/.

Yksinomaan lämmityssähköön kohdistuva vero on mahdoton toteuttaa valvonnan vaikeuden takia. Sähköyhtiön myydessä sähköä kukaan ei tiedä kulutetaanko se lämmittimissä vai kotitalouskoneissa. Kaikkein sähkön käyttöön kohdistuva erillisvero taas ei voi olla tarkoituksenmukainen, koska se estäisi sähkön terveen kilpailun muiden energialähteiden kanssa ja aiheuttaisi näin epätaloudellisia ratkaisuja. /KTM, Sähkön kysynnän... 1993/

Sähkön hinta voitaisiin määrätä progressiivisesti kulutetun energian mukaan, jolloin sähkölämmitys pientaloissa tulisi kannattamattomaksi /Partanen 1993/. Toisaalta progressiivinen hinnoittelu olisi vastoin kustannusten aiheuttamisperiaatetta. /Puhakka 1993/

Kaikkien uusien asuinrakennusten sähkölämmityksen kieltäminen tai sähkölämmityksen hylkäämiseen johtavat tiukat erityisnormit vähentäisivät lämmityksen sähkön tarvetta alle 10 % vuoteen 2000 mennessä, koska korjausrakentaminen pitäisi yllä

sähkölämmityksen kasvua. /KTM, Sähkön kysynnän... 1993/. Jo olemassa olevien sähkölämmityskohteiden muuttaminen muille lämmitysmuodoille on poissa laskuista niiden suuren määrän ja asukastyytyväsyyden takia /Martti Lappalainen 1993/.

Sähkölämmityksen rajoittaminen tai kieltäminen ei sinällään poista lämmityksen tarvetta, /KTM, Sähkön kysynnän... 1993/ Päinvastoin lämmitystarve kasvaa sähkölämmityksen alhaisten ominaiskulutusten muuttuessa lämmitysmuodon mukana esim. kaukolämmityksen huomattavasti korkeampiin. Lämmitystarpeen tuottaminen muilla lämmitysmuodoilla ei siis johda energian säästöön eikä ympäristön kannalta parempaan lopputulokseen.

Sähkölämmityksen rajoittaminen tai kieltäminen on teknisesti vaikeasti toteutettavissa jo yksin vallitsevan lainsäädännön ja yhteiskuntarakenteen johdosta. Teknis-taloudellisia perusteita tämänkaltaisille toimille on vaikea löytää. Kuitenkin sähkölämmitystä on rajoitettu ulkomailla ja asiasta on puhuttu aktiivisesti myös Suomessa. On muistettava, että rajoittaminen ei lähtisi liikkeelle pientaloista vaan teollisuuden piiristä. /Puhakka 1993/.

#### 5.2.7 MONIPUOLISUUS

Kriisiajan valmius on sähkölämmityksellä hyvä. Monipuolinen sähkön tuotantorakenne turvaa tietyn omavaraisuuden (vesivoima 21 %, kotimaisen biopolttoaineen käyttö 15 % /Energiatilastot 1990/) sähkön tuotannossa. Kriisiaikana suora sähkölämmitys mahdollistaa lämmityksen vain osaan talon huoneista lämmityskulutuksen pudottamiseksi /Ala-Risku 1993/. Lisäksi lähes kaikkiin sähkölämmitteisiin pientaloihin tulee tulisija /Simola 1989/.

Tulevaisuuden kriisivalmiuden kannalta olennaista on sähkön riittävyyden vastuutahon selvittäminen. Kauppa- ja teollisuusministeriössä asiaa pohditaan ja sähkölain uudistamisen yhteydessä tullaan sähkön kriisiajan riittävyyteen kiinnittämään huomiota /Kekkonen 1993/.

Sähkölämmitys on mahdollista toteuttaa hyvin erilaisin teknisin ratkaisuin. Tulevaisuudessakin on tärkeää pystyä tarjoamaan monipuolinen järjestelmävalikoima, jolloin kukin rakentaja voi valita itselleen parhaiten sopivan järjestelmän.

Järjestelmävalikoiman tekninen monipuolisuus ei yksin riitä, vaan kunkin yksittäisen lämmitysjärjestelmän tuotekuvan tulisi olla mahdollisimman monipuolinen. Sähkölämmitysjärjestelmien tuotekuvat eivät ole monipuolistuneet yhtä nopeasti kuin öljylämmityksen tuotokuva (kappale 4.8 kuva 4.1).



### 5.3 YHTEISKUNNALLINEN HYVÄKSYTTÄVYYS

Pientalojen lämmitystapoja ei vielä säädellä tai rajoiteta laein, eikä ihmisten keskuudessa lämmitystavasta seuraa mitään erikoista leimaa asukkaalle. Puun käytöllä koetaan saatavan arvonantoa. Toisaalta taajama-alueilla polttaminen on usein viihtyvyyshaitta.

Tulevaisuudessa sähkölämmityksen rajoittaminenkin saattaa olla mahdollista /Kääriäinen 1993/. Todennäköisimmin rajoitukset ja kiellot astuvat kuvaan, jos tapahtuu vihreiden arvojen kumous. Rauhallisessa kehityksen mallissa kiellot ja rajoitukset eivät sovi kehitykseen, koska ne sotivat kilpailun vapauttamisen periaatteita vastaan. Peruslinjaksi oletetun matalaenergiakehityksen toteutuessa sähkölämmityksen kieltämisestä saavutettava sähkön säästö on marginaalista ja kiellot siten epätodennäköisiä.

Kieltoja ja rajoituksia todennäköisempää on ihmisten keskinäisen painostuksen lisääntyminen. Jos jonkun lämmitysmuodon ympäristökuva huononee, saattaa ystävapiirin paine tehdä sen valinnan mahdottomaksi.

Ilman painostustakin ympäristöystävällisiin ratkaisuihin liittyvä positiivinen yhteiskunnallinen arvo lisääntyy. Jo nykyisin ympäristötekijät ovat merkittävä peruste kulutusratkaisuihin Keski-Euroopassa ja kehitys kulkee tähän suuntaan myös Suomessa. Sähkölämmityksen kannalta on välttämätöntä säilyttää yhteiskunnallinen hyväksyttävyys /Partanen 1993/.

## 6. SÄHKÖLÄMMITYKSEN VAIHTOEHDOT VUONNA 2010

Nykyisin sähkölämmityksen vaihtoehtona pientaloissa pidetään lähinnä kevyttä polttoöljyä käyttävää öljylämmitystä. Puun käytön suosio on lisääntynyt viimevuosina, mutta puulämmityksiksi ilmoitetuissa kohteissa on usein myös sähkön käytön mahdollisuus. Kaukolämmityksen suosio on hiipumassa, koska tontinluovutusehdoista ollaan useissa kaupungeissa luopumassa kilpailua rajoittavina. /Rakennustutkimus RTS 1993/.

Sähkölämmityksen vaihtoehdoille on tyypillistä, että lämpö tuotetaan keskitetysti omassa teknisessä tilassaan ja siirretään käyttöpaikalle veteen varastoituna. Kaasulämmitykselle on olemassa teknisiä ratkaisuja lämmön tuottamiseksi käyttöpaikalla, mutta niitä ei käytetä Suomessa /Caddet 75 1991/. Puu-uunilämmityksessä lämpö tuotetaan käyttöpaikalla.

### 6.1 ÖLJYLÄMMITYS

Öljylämmitysjärjestelmä on perusajatukseltaan vuonna 2010 sama kuin nykyisin. Poltin lämmittää veden kattilassa, josta lämpö veteen tai tulevaisuudessa ehkä ilmaan sitoutuneena jaetaan käyttöpaikoille. Vesijaossa sama vesi kiertää jatkuvasti. Lämpö jaetaan nykyistä useammin lattia-, katto- ja seinälämmityksellä.

Lämmitysputkistona käytetään tulevaisuudessa muoviputkea. Ratkaisu soveltuu itseasennukseen, joten asennuksessa saavutetaan kustannussäästöjä. /Merivaara 1993/

Kondenssikattilalla eli savukaasun vesihöyryn tiiviställä kattilalla saadaan parannettua öljylämmityksen kattilahyötysuhde lähelle sataa prosenttia. Tekniikan yleistyminen riippuu öljyn hintakehityksestä, koska nykyisillä alhaisilla hinnoilla ratkaisun taloudellinen kannattavuus on heikko. /Kohonen 1991/

Öljylämmityksen tuotekuva on sähkölämmitysratkaisuja pehmeämpi (kappale 7.4.2 kuva 7.11), mistä tulee olemaan hyötyä lähivuosina arvojen yhä pehmentyessä. Lisäksi öljylämmityksen tuotekuva on monipuolistumassa nopeammin kuin yhdenkään sähkölämmitysjärjestelmän tuotekuva (kappale 4.8 kuva 4.1).

Öljylämmityksen eräs ongelma on sen huono vaikutus taajamien ilman laatuun. Vaikka rikin ja typenoksidien kokonaispäästöt ovatkin sähkölämmityksen päästöjä alhaisempia, vaikutukset lämmön käyttöpaikan läheisyydessä ovat öljylämmityksen päästöt käyttöpaikalla huomattavasti sähkölämmityksen päästöjä suuremmat. Lisäksi öljyn kuljetus käyttöpaikalle lisää typenoksidi- ja hiukkaspäästöjä. /Kaljala 1993/



Ympäristöongelmiin on olemassa teknisiä ratkaisuja, mutta toteuttaminen pienpolton yhteydessä tulee maksamaan enemmän tuotettua energiayksikköä kohti kuin keskitetyssä energiantuotannossa. Katalyysaattoritekniikalla voidaan typenoksidien määrää vähentää olennaisesti. Rikin vähentäminen käy edullisimmin erottamalla rikki jo öljynjalostamolla. Hiukkaspäästöjä voidaan vähentää palamisen tehokkuudesta huolehtimisen lisäksi erilaisin suodattimin. Karsinogeeniset polyaromaattiset hiilivedyt tulevat olemaan öljylämmitykselle vaikeasti hoidettava ympäristöongelma, sillä niitä syntyy pienpoltossa kertaluokkia enemmän kuin suurissa kattiloissa. Kaikki edellä mainitut ympäristöhaitat on mahdollista saada kuriin ympäristönsuojelutekniikalla, mutta hiilidioksidin erottaminen savukaasuista ei ole käytännössä mahdollista. /Suomen Lääkäriliitto 1993/

Öljylämmityksen ympäristövaikutukset tulevat vähenemään. Kevyestä polttoöljystä tullaan puhdistamaan rikki aiempaa tehokkaammin ja polttimien kehitys saa palamisen aiempaa puhtaammaksi. Erillisen ilmansuojelutekniikan käyttö tuskin yleistyy huomattavasti kalleutensa vuoksi, ellei suojelutekniikkaan ole pakko kiinnittää huomiota.

Öljylämmityksen terveysvaikutukset aiheutuvat savukaasujen vaikutuksesta sisäilmaan.

Öljylämmityksessä talossa asumismukavuus ei ole sähkölämmitetyn talon tasoa, koska öljylämmitystä täytyy huoltaa ja lämpötilan säädössä on vesikiertoisuudesta aiheutuvaa hitautta. Lisäksi öljylämmityksessä pientalossa on haittaa erillisen teknisen tilan tarpeesta ja tietyn kohteen lämmittäminen suoraan on monimutkaista tai mahdotonta (ikkunat). Tarkastelujaksolla ongelmiin tullaan etsimään teknisiä ratkaisuja /Merivaara 1993/.

Öljylämmityksen hintaa tarkastelujaksolla nostavat kasvavat ympäristöverot, mahdolliset ympäristönsuojelulliset polttotekniikan parannusvelvoitteet, sähkön osuuden lisääntyminen talon energiankäytöstä ja sähkön hinnan nousu. Öljyn maailmanmarkkinahintaan liittyy suuria epävarmuuksia.

Matalaenergiatekniikka vähentää energiakustannuksia, joskin öljylämmitykselle matalaenergiatekniikan nettokustannusvaikutus saattaa sähkön lisääntyvän osuuden takia olla negatiivinen. Itseasiassa vuoden 2010 uusi öljylämmitetty pientalo onkin suurelta osin sähkölämmitetty, vaikka kotitaloussähkön ilmaislämmöstä nykyistä hieman suurempi osa menee hukkaan lämmöntarpeen vähentyessä /Ruuskanen 1993/.

Vaikka öljylämmityksen markkinaosuus putoaisikin olennaisesti, ei lämmitysöljyn ja pätevän urakoinnin tai suunnittelun saaminen tuottane ongelmia tarkastelujaksolla.

Öljyn maailmanmarkkinahinta on vaihdellut voimakkaasti lähimenneisyydessä (kappale

3.3.2 kuva 3.3), eikä tulevaisuuden kehityksestä voi sanoa mitään varmaa. Öljylämmityksellä on kuitenkin tarjota varovaisille asiakkaille kaksoispesälämmitys, jolloin öljyn lisäksi voidaan polttaa puuta tai roskaa, sekä vuoroittaislämmitys sähkövastuksin.

Öljylämmityksellä on uhkana yhteiskunnallisen hyväksyttävyyden menettäminen, koska yhteiskunta pyrkii aktiivisesti tukemaan kotimaisten polttoaineiden käyttöä /Hallituksen energian... 1992/ ja koska pienpolttoon perustuvien järjestelmien käyttö taajamissa on terveydelle haitallisempaa kuin keskitetty energiantuotanto /Suomen Lääkäriliitto 1993/. Öljylämmityksen valinneiden silmissä öljylämmityksen ympäristökuva on parantunut viime vuosina /Rakennustutkimus RTS Oy 1993/.

## 6.2 KAUKOLÄMMITYS

Kaukolämmityksen merkittävin tulevaisuuden parannus lienee ns. matalaenergiajärjestelmä, jossa ilmastointi, lämmitys ja jäähdytys on yhdistetty samaan järjestelmään. Tulovesi voidaan ottaa 25 asteisena nykyisen 60 asteen sijasta ja ilmastoinnin pattereiden paluuveden lämpötila pudotetaan nykyisestä 50 asteesta jopa alle nollan. Tarvittava vesivirta pienenee puoleen, jolloin kaukolämpöverkon putkikokoa, pumppaustehoa ja itse laitosta voidaan pienentää hyötysuhteen parantuessa. Lisäksi järjestelmä leikkaa kulutushuippuja ja mahdollistaa rakennuksen jäähdytyksen. Järjestelmä on suunniteltu toimistorakennuksiin, mutta edut ovat siirrettävissä myös pientaloihin /Lohi 1993/

Kehitystä tapahtuu myös kaukolämmön tuotannossa. Biopolttoteknologia yleistyy /Caddet 32 1991/ ja lämpöpumpun käyttökin /Caddet 16 1991/ saattaa lisääntyä. Hyötysuhteet sekä yhdistetyn lämmön ja sähkön tuotannon rakennussuhteet paranevat.

Kaukolämmityksellä ei ole ollut tuotekuvaa, koska lämmitysmuoto on valittu pääsääntöisesti tontinluovutusehtojen takia /Rakennustutkimus RTS Oy 1993/. Tulevaisuudessa kaukolämmityksen tuotekuvaan vaikuttaa positiivisesti, että valtio on asettunut tukemaan kaukolämmitystä antamalla avustuksia ja korkotukilainoja kotimaiseen energiaan perustuviin hankkeisiin /Hallituksen energian... 1992/.

Ympäristövaikutuksiltaan kaukolämmitys on suhteellisen edullinen ratkaisu, jos samalla voidaan tuottaa sähköä. Tällöin saadaan suuren kattilakoon etujen lisäksi sähkö ikäänkuin sivutuotteena. Toisaalta huoneistokohtaisen mittauksen puutteen aiheuttama energiahukka vähentää kokonaistaloudellisuutta. Usein kaukolämmityksessä taloissa energiansäästötoimenpiteistä saatava hyöty on pieni, koska vastapaine kuorma vähenee säästettäessä lämmön kulutusta /Koivisto 1993/.



Kaukolämmityksen terveysvaikutukset aiheutuvat lämmön tuotannon ympäristövaikutuksista lähinnä savukaasupäästöistä. Tärkein ympäristöetu verrattuna talokohtaiseen polttoon perustuviin lämmitystapoihin on taajamien ilmanlaadun paraminen

Kaukolämmitetyssä pientalossa saavutetaan sama huolettomuus kuin sähkölämmitetyssäkin talossa ja teknisten tilojen tarve on pienempi kuin öljylämmityksellä. Lämpötilan säädössä on kehittämisen varaa kuten muillakin vesikiertoisilla järjestelmillä.

Pientalojen matalaenergiatekniikka vähentää kaukolämmityksen sopivuutta pientaloihin suuren alkuinvestoinnin takia. Kaukolämmöltä puuttuu pientaloihin sopiva verkkokonsepti /Koivisto 1993/, jota ollaan parhaillaan kehittämässä /Lohi 1993/.

Kaukolämpöenergian hinta tulee seuraamaan jotakuinkin käytettävien polttoaineiden hintoja. Kaukolämpöön ei kohdistu suoraan kilpailutekijöitä, jotka nostaisivat pienkuluttajien hintaa, mutta energialaitosten yksityistäminen aiheuttaa lämpölaitostoiminnan tuottovaatimusten nousun. Toisaalta lämpölaitostoiminnalla saatetaan tukea kunnallistaloutta, mikä poistuu yksityistämisen myötä.

Kaukolämmitysverkon laajentaminen vanhoille asuma-alueille on taloudellisesti kannattamatonta. Uusien asuma-alueiden liittäminen haittaa muiden lämmitysmuotojen käyttöä. Suomessa on kaikki suurimmat taajamat jo liitetty kaukolämpöön /Lämpölaitosyhdistys 1992/, joten merkittävää lisäystä kaukolämmön saatavuuteen ei tätä kautta ole odotettavissa.

Kaukolämmön kriisivalmius on lähes yhtä hyvä kuin sähkölläkin, koska sitä voidaan tuottaa kotimaisilla polttoaineilla. Kuitenkaan paikkakunnallisesti saattaa kaukolämmön tuotanto olla riippuvainen tietystä polttoaineesta esimerkiksi maakaasusta./Koivisto 1993/

Valtio pohtii keinoja kaukolämmön käytön edistämiseksi. /Puhakka 1993/

### 6.3 BIOPOLTTOAINEET

Biopolttoaineiden hyödynnettävyyttä lämmityksessä tutkitaan innokkaasti. On aihetta olettaa alan tekniikan kehittyvän tarkastelujaksolla. Suomessa alan tutkimustyö on suunnattu lämmityspuun käytön edistämiseen./Orjala 1993/

Paikallista merkitystä saattaavat Suomessakin saada muuhun biopolttoaineeseen kuin

puuhun perustuvat lämmitysjärjestelmät. Biopolttoaineena voidaan käyttää esim. biokaasua tai viljeltyjä öljykasveja./Orjala 1993/ Kuitenkin seuraavassa käsitellään vain puuhun perustuvaa lämmitysjärjestelmää, koska myös vuonna 2010 suurin osa suomalaisista biopolttoaineilla lämmitetyistä taloista lämpiää puulla.

Pientalojen lämmityskäytön kannalta olennaisinta olisi saada poltettavan puumassan keräys yhdistettyä muuhun puun korjuuseen, jolloin puun hinta käyttöpaikalla laskisi. Samalla tulisi polttoaineen toimitus, varastointi ja käyttö helpoksi asiakkaan kannalta. Tutkimustulokset ja niiden hyödynnettävyys tarkastelujaksolla riippuvat paljolti valtion tuen määrästä./Orjala 1993/

Puulämmityksen tuotekuva on kaksijakoinen. Puulämmitys valitaan, koska käytössä on omaa puuta ja lämmittäminen näin ollen mielletään ilmaiseksi. Toisaalta puulämmitys valitaan, koska sen oletetaan olevan vähiten ympäristöä vahingoittava lämmitysmuoto. /Rakennustutkimus RTS Oy/ Ympäristöperusteet puulämmityksen valintasyinä tulevat lisääntymään.

Noin 90 % poltossa syntyvistä hiilivety-yhdisteistä on peräisin puun pienpoltosta. Puun pienpoltossa vapautuu typenoksideja, häkää ja muita terveydelle haitallisia yhdisteitä, mutta polyaromaattiset hiilivedyt ovat ihmisten terveyden kannalta merkittävän haittatekijä. Osalla poltossa vapautuvista hiilivedyistä on kasvihuoneilmiötä voimakkaasti lisäävä vaikutus, joka on samaa luokkaa kuin poltossa syntyvällä CO<sub>2</sub>:lla olisi, jos se ei palaisi luonnon kiertokulkuun. Suomessa poltettavan n. 4 miljoonan puukuutiometrin nettokasvihuonevaikutus on näin ollen samaa suuruusluokkaa kuin Suomessa käytettävän maakaasun vaikutus. Tulevaisuudessa hiilivetyjen pitoisuudet voidaan alentaa puoleen katalyyttisellä poltolla /Oravainen 1993/.

Puulämmitteisen pientalon asumismukavuusongelmat on ratkaistava, jotta puulämmitteisiä pientaloja voitaisiin käyttää laajemmin. Ensimmäiset jatkuvatoimiset kattilat ovat jo suunnitteilla, mutta todella huolettoman puulämmityksen kehittäminen vaatii huomattavia resursseja. Jos asia koetaan valtion puolelta tärkeäksi, saadaan ongelmat ratkaistua vielä tämän vuosituhatosen puolella. /Orjala 1993/ Puulämmityksen lämmön jaon ja säädön kehittyminen riippuu pitkälti vesijakoisten järjestelmien yleisestä kehityksestä.

Puulämmityksen kustannukset laskevat tarkastelujaksolla, koska uusiutuvien energiamuotojen käyttöä tuetaan /Hallituksen... 1992/ ja ne on vapautettu energiaveroista /Kekkonen et al 1993/. Lisäksi energiankulutus vähenee matalaenergiatekniikan edistyessä. Laiteinvestoinnit pienenevät, mutta lisäävät osuuttaan puulämmityksen kokonaiskustannuksista.



Puulämmitysjärjestelmien saatavuus on tarkastelujaksolla hyvä. Polttopuun hankinta saattaa olla ongelmallista. Varsinkin lämmitykseen tarvittavan jatkuvuuden takaaminen on tulevaisuudessakin epävarmaa.

Kriisiajan valmiutta voidaan pitää Suomen oloissa puulämmityksen vahvana puolena. Omaa metsää omistaville ei edes puun hinnan muutoksilla ole mitään ratkaisevaa merkitystä.

Puulämmityksen yhteiskunnallinen hyväksyttävyys on hyvä. Yleinen arvojen pehmeneminen ja hallituksen uusiutuvia lämmitystapoja tukeva politiikka tulee parantamaan puulämmityksen yhteiskunnallista hyväksyttävyyttä entisestään.

## 6.4 MAAKAASU

Maakaasu on Keski-Euroopassa monin paikoin valitseva lämmitysmuoto. Laiteteknistä kehitystä on odotettavissa, mutta Suomen oloihin uusista sovellutuksista sopii vain osa. Esimerkiksi suoraa kaasulämmitystä ei meillä asuintaloissa juurikaan käytetä, koska vesikeskuslämmityksen katsotaan soveltuvan kriisivalmiutensa ja tekniikkansa vuoksi paremmin Suomen oloihin. /Kauppinen 1993/

Kondenssikattilat ovat Hollannissa ja Saksassa yleisiä maakaasun pienkäytön yhteydessä. Kattilalla saavutetaan suomalaisen laskutavan mukaan yli 100 % hyötysuhde (hyödyksi saatua lämpöä verrataan alempaan lämpöarvoon). Suomessa ei vuonna 1990 ollut kuin yksi kondenssikattila käytössä suuren alkuinvestoinnin takia. Tekniikka yleistyy tarkastelujaksolla energian hinnan noustessa./Riikonen 1992/

Kaasulämmityksen tuotekuvaa ei ole erikseen tutkittu pientalojen kaasulämmityksen harvinaisuuden takia. Kaasulämmityksen tuotokuva kuitenkin todennäköisesti hyöttyy maakaasun polttoaineena saamasta positiivisesta julkisuudesta.

Tuotekuvasta ollaan rakentamassa helppohoitoista, ympäristöystävällistä ja käyttökustannuksiltaan edullista. Kattila ei syövy ja poltintakin täytyy huoltaa vain kerran vuodessa. Maakaasu ei sisällä rikkiä, eikä se nokea. Kokonaishyötysuhde on n. 90 %. /Neste Oy 1993/.

Maakaasun käytön kasvihuoneilmiötä kiihdyttävä vaikutus on samaa luokkaa kuin öljytuotteiden käytön, mutta n. kolmasosan pienempi kuin kivihiilen käytön vaikutus /Estlander 1990/. Hiukkas- sekä rikkipäästöjä ei ole ollenkaan /Maakaasuyhdistys 1993/. Maakaasun polton typenoksidipäästöjen vähentämiseksi kokeillaan katalyysaattoritekniikkaa.

Räjähdysonnettomuus maakaasun käytön yhteydessä on epätodennäköinen. Kaasu hajustetaan ja kaasupitoisuuden on oltava yli 5 % ennenkuin aiheutuu syttymisvaara. Kaasu on ilmaa kevyempää, joten se tuulettuu helposti pois vuotopaikalta. Käytännössä maakaasulämmityksen terveysvaikutukset muodostuvat polton päästöjen vaikutuksista. /Hakala 1992/

Kaasulämmitetyn talon asumismukavuus on useita muita polttoon perustuvia lämmitysjärjestelmiä parempi, koska talon voi jättää ilman valvontaa useiden kuukausien ajaksi ja huoltotoimenpiteiden tarve rajoittuu polttimen huoltoon kerran vuodessa. Lämmön säätöjärjestelmä ei poikkea muiden vesikiertoisten järjestelmien lämmön säädöstä. Tulevaisuudessa saatetaan Suomessakin käyttää suoraa kaasulämmitystä, joka mahdollistaa lämmityksen nopean säädön. /Kauppinen 1993/

Kaasun kuluttajahinta seuraa muiden energialähteiden hintakehitystä. Vaikka ympäristöverot eivät koskekaan kaasua yhtä voimakkaasti kuin öljyä ja hiiltä, kysynnän lisääntyminen saattaa nostaa kaasun maailmanmarkkinahintaa muiden polttoaineiden veroja vastaavasti tai jopa enemmän. Suomessa kaasulämmityksen kustannuskehityksen kannalta on olennaista saadaanko toinen kaasun hankintalähde. Toimittajien keskinäinen kilpailu estäisi hinnan äkkinäiset korotukset ja toimitusvarmuus paranisi. /Kauppinen 1993/

Kaasulämmityksen kannattavuuden kannalta on olennaista kaasuun liittyvien talojen osuus asuma-alueen kaikista taloista. Käytännössä tämä osuus ei saa olla alle 50 %. Kilpailu tulee mahdottomaksi vanhoilla asuma-alueilla ja alueilla, joille tulee kaukolämmitys. Maakaasun taloudellinen lisärakennuspotentiaali rajoittuu lähitulevaisuudessa uusille asuma-alueille, joille ei kannata rakentaa kaukolämpöä ja yksittäiskohteisiin kaasuun liittyneiden teollisuuslaitosten välittömässä läheisyydessä. /Riikonen 1992/

Maakaasulämmityksen taloudellinen kilpailukyky paranee matalaenergiatekniikan yhteydessä verrattuna järjestelmiin, jotka vaativat vesikiertoisen lämmön jaon. Putki-investoinnin kustannukset korostuvat energiantarpeen vähentyessä.

Maakaasun saatavuus on maakaasulämmityksen suurin uhka. Useimpiin maakaasulla lämmitettäviin pientaloihin tulee sähkö varalämmitysjärjestelmäksi. /Kauppinen 1993/ Tilannetta pahentaa käyttäjien huoli riippuvuudesta Venäjän toimituksista. Lämmityslaitteiden, urakoinnin ja suunnittelun saatavuus on saatu viime vuosina tyydyttävälle tasolle /Maakaasuyhdistys 1993/.

Kaasun ja siten myös kaasulämmityksen yhteiskunnallinen hyväksyttävyys on hyvä. Suomessa maakaasu oli vuonna 1990 energialähteistä suosituin. Kolme neljästä



suomalaisesta halusi lisätä kaasun käyttöä /Suomivuori 1990/. Kaasulämmityksen yhteiskunnallinen hyväksyttävyys pysyy hyvänä tarkastelujaksolla.

## 6.5 LÄMPÖPUMPUT

Lämpöpumput vähentävät talon tarvitsemaa ostoenergiaa käyttämällä saatavilla olevaa ilmaislämpöä hyväkseen. Eräällä tavalla ne ovat vain lämmittimiä ja siten tämä kappale olisi kuulunut jakaa käyttämiensä lämmönlähteiden mukaan. Toisaalta lämpöpumput mielletään omaksi lämmitystavakseen.

Kompressiolämpöpumpun kompressorin käyttää sähköä, mutta ns. absorptiolämpöpumpussa voidaan käyttää mitä energialähdettä tahansa. Pientalolämpöpumput voidaan jakaa lämmönlähteensä mukaan maalämpöpumppuihin ja ilmalämpöpumppuihin. Suomessa ei käytetä lämmönlähteenä ulkoilmaa tai kaukolämpöverkon paluuvettä, mutta joissain tapauksissa on käytetty pohjavettä, läheistä vesistöä tai ilmastoinnin poistoilmaa. /Haukioja 1991//Nyman 1990/

Lämpöpumput ovat merkittävässä asemassa pientalojen lämmityksessä maissa, joissa talvella on lämmitystarvetta ja kesällä esiintyy merkittävä jäähdytyskuorma. Suomessa käyttö on kuitenkin ollut marginaalista. Vaikka sähköenergian kulutuksesta maalämpöpumpulla säästetäänkin suoraan sähkölämmitykseen verrattuna kolmannes, ei säästö riitä nykyisillä energianhinnoilla kattamaan investointikustannuksia /Haukioja 1991/. Lisäksi yli neljäsosa 80-luvun alussa asennetuista lämpöpumpuista on vikautunut kerran tai useammin /Ekono 1987/.

Lämpöpumppujen tuotekuva kärsi energiakriisien jälkeen käytetystä keskeneräisestä tekniikasta, jossa esiintyi runsaasti vikoja. Ympäristöarvojen korostuminen on varmaan parantanut lämpöpumppujen tuotekuvaa.

Lämpöpumpun ympäristövaikutukset riippuvat lämpöpumpusta. Kompressiolämpöpumppujen haitat syntyvät kylmäaineena käytettävien CFC-yhdisteiden otsonikerrosta tuhoavasta vaikutuksesta ja käytettävän sähköntuotannon päästöistä. Otsonikerrokselle haitallisten ja kasvihuoneilmiötä lisäävien CFC-yhdisteiden käyttö voidaan tulevaisuudessa korvata muilla kylmäaineilla. Absorptiolämpöpumpulla ei ole CFC-yhdisteistä aiheutuvaa haittaa, mutta käyttöenergiälähteiden kulutus aiheuttaa ympäristövaikutuksia /Nyman 1990/. Oikein mitoitettujen maalämpöpumppujen vaikutus maaperän lämpötilaan on merkityksetön /Haukioja 1991/.

Lämpöpumppukohteiden asumismukavuutta huonontaa suuri vikaantuvuus, joka vähenee lämpöpumpputekniikan arkipäiväistyessä. Jäähdytysmahdollisuus on merkittävä etu

talojen tiivistyessä, joskin jäähdytys voidaan Suomen pientaloissa hoitaa lähes aina tuulettamalla.

Pientalon lämmitykseen käytettävien lämpöpumppujärjestelmän tuoma rahallinen hyöty olisi oltava 2-3 kertainen taloudellisen kannattavuuden saavuttamiseksi nykyisillä energiankulutuksilla ja -hinnoilla /Haukioja 1991/. Koska pientalojen energianominaiskulutukset tulevat vähenemään, lämpöpumppujen käyttö lämmitykseen menettää taloudellista kilpailukykyään, elleivät lämmitysenergian hinnat nouse olennaisesti.

## 6.6 UUDET ENERGIALÄHTEET

Tuulivoiman ja aurinkoenergian käyttö lämmitykseen ovat vuoteen 2010 mennessä merkittävimmät uusien energialähteiden käyttötavat. Tuulivoima vaatii yksittäistä pientaloa suuremman kuorman ja tuulienergia jaetaan jatkossakin sähkönä. Aurinko- ja tuulienergian varastoiminen vetyyn ei saavuta merkittävää asemaa seuraavan viidenkymmenen vuoden aikana. /Lund 1993/

Yleinen mielipide suosii uusien energialähteiden lisäkäyttöä /Lund 1993/. Tämä heijastuu lämmitysjärjestelmiin, jotka hyödyntävät uusia energialähteitä.

Aurinkolämpölaitteet vaativat uuteen tekniikkaan perustuvina laitteina alkuvaiheessa enemmän huoltoa kuin perinteiset järjestelmät. Varsinaisen asumismukavuuden tason määrää kuitenkin ohessa käytettävä perinteinen lämmitysmuoto.

Lämpimän käyttöveden hinta aurinkokeräimillä on halvimmillaan 50 - 80 p/kWh. Hinta vaihtelee riippuen, mitä investointilaskelmissa otetaan huomioon ja mihin perinteiseen energialähteeseen aurinkolämmitys yhdistetään. Hintaa arvellaan voitavan pudottaa jopa puolella. /Wikman 1992/.

Lisälämmitysjärjestelmän investointikustannukset eivät olennaisesti pienene aurinkojärjestelmän käytöstä, ellei oheen liity energian laajaa varastointia. Lämmitysjärjestelmän mitoitustehoa ei voi pienentää ilman varastointia, koska lämmityksen huipputehon tarpeen aikana voi olla pilvistä.

Uusiutuvien energialähteiden käyttö pientalojen lämmitykseen tulee perustumaan yhteiskunnalliseen hyväksyntään, koska taloudellista kannattavuutta ei saavuteta ennen vuotta 2010. Uusien energialähteiden käyttö lämmitykseen saavuttaa taloudellisen kannattavuuden tarkastelujaksolla vain, jos valtio puuttuu voimakkaasti pientalojen lämmitysmarkkinoihin. /Lund 1993/.



## 7 HINTAKILPAILUKYVYN RAJAT JA TUOTEKUVAKEHITYS

Tässä luvussa tarkastellaan yksittäisten tekijöiden muutosten vaikutusta lämmitysjärjestelmien keskinäiseen hintakilpailukykyyn. Luvun lopussa on arvio lämmitysmuotojen tuotekuvien ja ihmisten arvostusten kehittymistä.

### 7.1 LASKENTAMALLI

Malli kuvaa uusien pientalojen lämmityslaitteinvestoinneista ja energiankulutuksesta aiheutuvia kustannuksia. Mallissa on yli 50 muuttujaa (liite 1). Laskelmat suoritetaan lähtöarvojen pohjalta kuudelle lämmitysjärjestelmälle: sähkölämmitys pattereilla, sähkölämmitys katto- ja lattialämmityksellä, vesikiertoinen sähkölämmitys, kaukolämmitys, puulämmitys ja öljylämmitys. Lämmitysmuotojen toteutus on kuvattu liitteessä 2.

Laskentamalli koostuu viidestä laskentalomakkeesta. Ensimmäinen sisältää automaatiot muiden lomakkeiden avaamiseksi ja ohjeet mallin käytöstä. Usein muutettavat arvot on koottu yhdelle lomakkeelle, jolla on myös energiankulutuksen laskenta. Investointikustannusten laskelmat tapahtuvat omalla lomakkeellaan. Tärkeimmät arvot ja lähtötiedot siirtyvät automaattisesti tulostuslomakkeelle. Mallin tarvitsemat ohjelmat eli makrot on kerätty erilliselle ohjelmalomakkeelle. Ohjelmia käytetään automaattisesti ja graafisten yhteyksien kautta laskentalomakkeilta.

#### 7.1.1 KAAVAT JA MUUTTUJAT

Rakennusten energiantarpeen laskenta perustuu vuonna 1986 valmistuneen pientalotutkimuksen tuloksiin /Lehikoinen 1986/, joita on korjattu paremmin vastaamaan nykyistä tietämystä lämpökuormien hyödyntymisen /Ruuskanen 1993/ ja taloussähkön käytön osalta /Parkkinen M. 1993/. On syytä korostaa, että malli ei välttämättä kuvaa tarkoin yksittäisten pientalojen energiankulutusta, vaan on eräänlainen keskimääräistys niistä. Seuraavassa A on rakennuspinta-ala,  $S_{17}$  on astepäiväluku ja N on asukkaiden lukumäärä.

Lämmityksen energiantarve:

$$E_l = -6500 + 94,2 * A + 2 * S_{17} \quad (1)$$

Lämpimän veden energiantarve:

$$E_v = 1500 + 5,6 * A + 338 * N \quad (2)$$

Taloussähkön tarve:

$$E_t = 1500 + 16,8 * A + 560 * N \quad (3)$$

Taloussähkön ja lämpimän veden tarpeet ovat sellaisenaan energiankulutusta, mutta lämmitysenergiankulutus on pienempi kuin lämmityksen energiantarve, koska osa taloussähköstä hyödyntyy lämmityksessä /Ruuskanen 1993/.

Lämmön tarpeen jakautuminen yö- ja päivätariffeille on laskettu käyttäen vuorokauden tuntien lämpötilojen keskiarvoja /Ilmatieteen laitos 1993/. Tariffitiedot voidaan syöttää halutuilta sähköyhtiöltä. Tässä työssä nykytilanteen kustannuslaskelmat on tehty Hämeen Sähkö Oy:n ja Espoon Sähkö Oy:n sähkö- ja kaukolämpötariffeilla.

Investointikustannukset on saatu korjaamalla sähkötarvikkeet ja -työt sekä LVI-tarvikkeet ja -työt indekseillä Imatran Voimassa vuonna 1990 tehdyn investointikustannustutkimuksen tuloksia /Rantanen 1990/. Kustannukset on laskettu tasa-annuiteettimenetelmällä, 25 vuoden takaisinmaksuajalla ja 5 % korolla. Investointikustannusten laskenta on esitetty liitteessä 1.

Perustilassa on käytetty sähkön ja kaukolämmön hintana Espoon Sähkö Oy:n 1.9. 1993 voimassa olevia sähkö- /Sähkön hintakatsaus 1993/ ja kaukolämpötariffeja /Espoon Sähkö Oy 1993/. Öljyn (15,8 p/kWh) ja puun (14,0 p/kWh) hintana on käytetty kesäkuun 1993 kuluttajahintoja /Energiakatsaus,3 1993/. Liitteessä 1 on tiedot muista muuttujista.

## 7.2 MUUTTUJIEN VAIKUTUS KOKONAISKUSTANNUKSIIN

Kokonaiskustannukset muodostuvat lämmityslaitteinvestointi-, huolto- ja energiakustannuksista. Eri lämmitysjärjestelmillä on selviä eroja kustannusrakenteessa: Sähkölämmi-



tyksen kustannukset muodostuvat suuremmalta osaltaan energiakustannuksista kuin öljy-, puu- tai kaukolämmityksen, joissa alkuinvestointi on merkittävämpi. Sähköpatterilämmitys ja katto- ja lattialämmitykseen perustuva sähkölämmitys eivät tarvitse huoltoa ollenkaan. Huollon osuus kokonaiskustannuksista on myös öljy-, puu-, kauko- ja vesikiertoisella sähkölämmityksellä suhteellisen pieni.

*Taulukko 7.1: Perusarvoilla (liite 1) lasketut energian käytön vuosittaiset tunnusluvut.*

	INVESTOINTI- JA HUOLTO (mk/a)	SÄHKÖ (mk/a)	MUU ENERGIA (mk/a)	KOKONAIS- KUSTAN- NUKSET (mk/a)	KOKONAIS- KULUTUS (kWh/a)
SÄHKÖ- LÄMMITYS PATTERIT	1731	6272		8002	17682
SÄHKÖ- LÄMMITYS KATTO/LATTIA	2288	5989		8277	17682
SÄHKÖ- LÄMMITYS VESIKESKUS	3780	5674		9454	18453
KAUKO- LÄMMITYS	3725	3407	2783	9915	18453
PUULÄMMITYS	4866	3407	2108	10381	22416
ÖLJY- LÄMMITYS	5195	3538	1924	10656	19834

Vesikiertoisten järjestelmien sähkölämmitystä korkeampi energiankulutus johtuu lämmöntuottamisen huonommista hyötysuhteista ja ilmaiskuormien vähäisemmästä hyödyntymisestä. Mitä enemmän järjestelmään on sitoutunut lämpöä, sitä hitaammin se reagoi huonetilan lämpötilan muutoksiin. Kun huonelämpötila nousee hitaan säädön takia, lämpöhukka johtumalla ja tuulettamalla kasvaa /Lehikoinen (saneeraus) 1986/.

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että varaavuusasteen nostaminen nostaa energiankulutusta. Esimerkiksi lattialämmityksen nostaessa lattiamaassin lämpötilaa kasvaa maapohjan ja lattian välinen lämpötilaero, joka aiheuttaa kasvavan energiahukan maaperään /Hakala 1993/.

Taulukosta 7.2 huomataan eri tekijöiden suhteessa samansuuruisten muutosten aiheuttavan erilaisen prosentuaalisen muutoksen lämmityskustannuksiin. Saman prosentuaalisen muutoksen markkamääräiset muutokset ovat pienimmät sähköpatterilämmityksellä, koska kustannusten perustaso on alhaisin.



Taulukko 7.2. Parametrien -10 % muutoksen vaikutus (%) vuosittaisiin kokonaiskustannuksiin.

	SÄHKÖ PATTERIT	SÄHKÖ KATTO/ LATTIA	SÄHKÖ VESI	KAUKO	PUU	ÖLJY
SÄHKÖENERGIAN HINTA	-7	-6	-5	-3	-3	-3
PINTA-ALA	-5	-5	-5	-4	-4	-4
LÄMMITYSTARVE	-4	-4	-3	-1	-2	-2
ASTEPÄIVÄLUKU	-3	-2	-2	-1	-1	-1
INVESTOINTI- KUSTANNUKSET	-2	-3	-4	-4	-4	-4
TALO USSÄHKÖN TARVE	-1	-1	-1	-2	-2	-2
KORKO	-1	-1	-2	-2	-2	-2
ASUKASLUKU	-1	-1	-1	-1	-1	-1
LÄMMITYS- LAITTEIDEN TILAN ARVO	0	0	-1	0	-1	-1
ÖLJYN HINTA	0	0	0	0	0	-2
PUUN HINTA	0	0	0	0	-2	0
KAUKOLÄMMÖN HINTA	0	0	0	-1	0	0
HUOLTO- KUSTANNUKSET	0	0	0	0	-1	-1
LTO VUOSIHYÖTY- SUHDE	1	1	1	0	0	0
TAKAISINMAKSU- AIKA	1	2	2	2	2	2
TALO USSÄHKÖN HYÖDYNTYMINEN	2	2	1	0	1	1
LÄMMÖNJAKO	2	2	0	1	2	1
LÄMMÖNTUOTANTO	3	3	1	1	2	2
SÄHKÖKIUAS	-6	-6	-5	-6	-5	-5
LTO	9	8	5	2	4	4

Taulukon 7.2 sähkökiukaan ja LTO:n arvot ovat prosentuaaliset muutokset kustannuksissa näiden laitteiden kanssa ja ilman niitä.

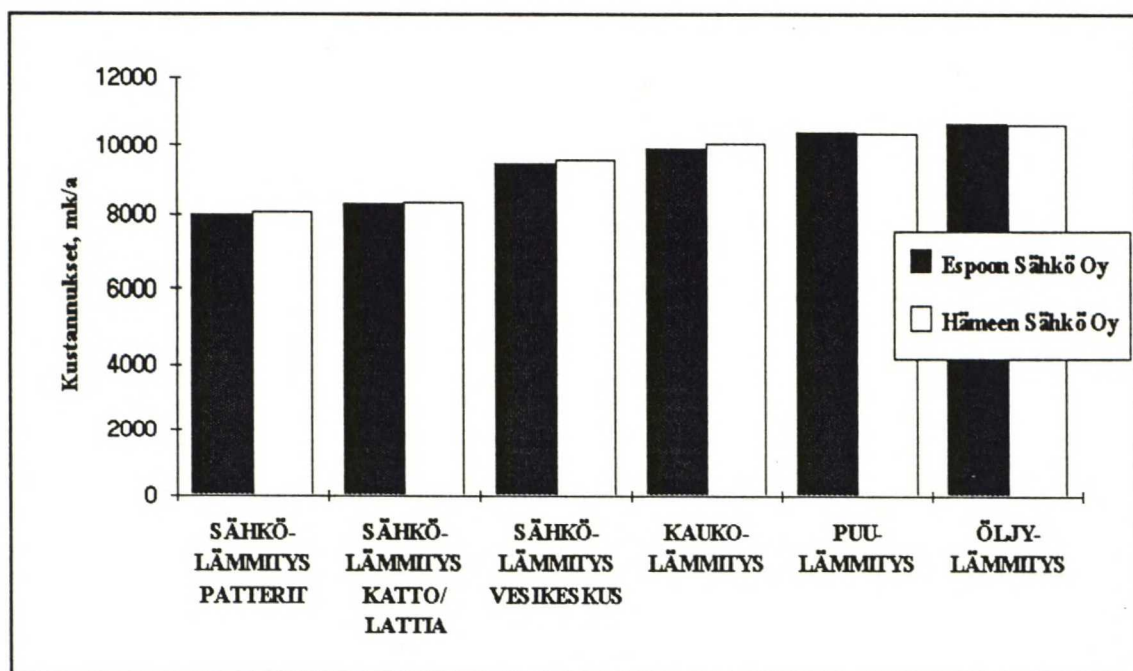
Sähkön hinta vaikuttaa kaukolämmitetyn, öljylämmitetyn ja puulämmitetyn talon vuosittaisiin kustannuksiin enemmän kuin talon varsinaisen lämmitysenergian yhtä suuri prosentuaalinen muutos. Tämä johtuu sähkön ja varsinkin kotitaloussähkön muita



energialähteitä korkeammasta hinnasta, keskimäärin 46,2 p/kWh /Energiakatsaus 3 1993/ ja talomallina käytetyn nykyaikaisen pientalon (liite 1) suhteellisen alhaisesta lämmitysenergian tarpeesta (kaavasta 1: 13,5 MWh/a), josta osa vielä saadaan hyödyn-tyvistä ilmaislämmöistä.

### 7.3 KOKONAISKUSTANNUKSET

Kokonaiskustannuksiin vaikuttaa monien muiden tekijöiden ohella kohteen maantieteel-linen sijainti. Pohjoiseen päin kasvava lämmitystarve ei kuitenkaan suoraan edellytä kasvaneita kokonaiskustannuksia, koska tariffirakenne vaihtelee sähköyhtiöittäin. Kohteen sijainnin merkitys on useisiin muihin tekijöihin nähden merkityksetön.



Kuva 7.1: Kokonaiskustannukset perusarvoilla laskettuina Espoossa ja Hämeessä.

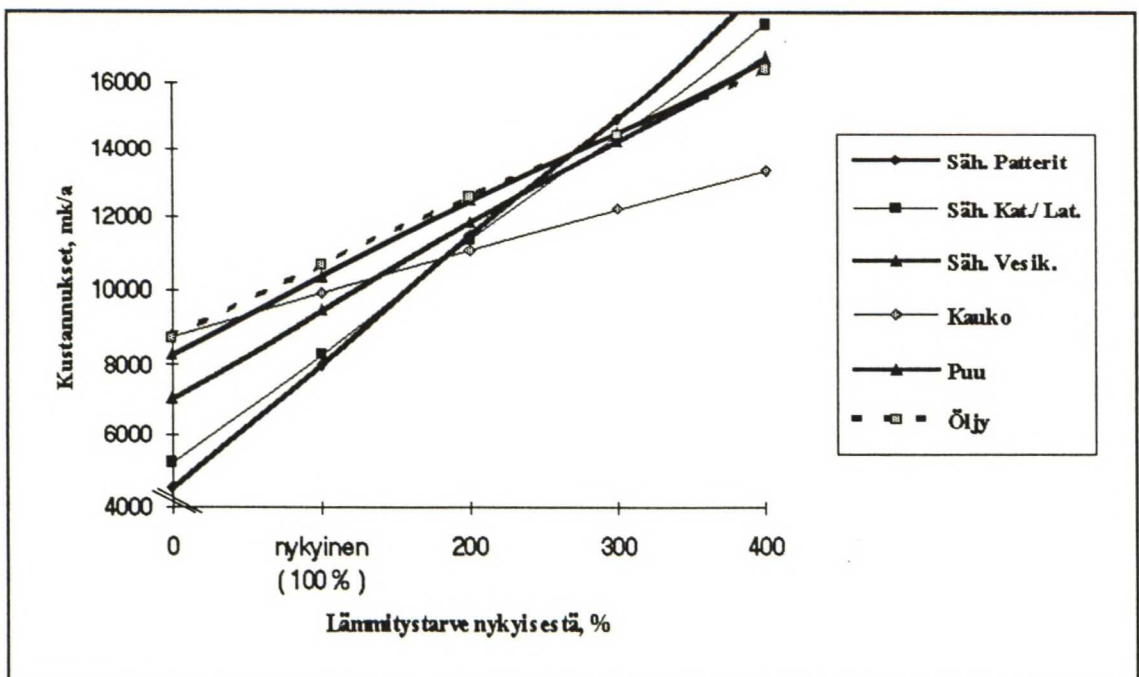
Tämän kappaleen laskelmissa tekijöitä on muutettu yksitellen muiden parametrien pysyessä perusarvoissaan: pinta-ala 120 m<sup>2</sup>, asukasluku 4 ja korko 5 %. Muut perusarvot on luetteloitu liitteessä 1. Käytännössä esim. lämmitystarvetta on nostettu, mutta investointi-, huolto- ja tehokustannusten on oletettu pysyvän samoina.

### 7.3.1 ENERGIANKULUTUS

Lämmitystarve riippuu talon eristyksestä, sisä- ja ulkolämpötilojen lämpötilaeroista sekä asukkaiden elintavoista, kuten tuuletuksesta. Lämmitysjärjestelmät käyttävät kuitenkin eri määrän energiaa lämmitykseen. Vesikiertoinen lämmitys on hitaampi reagoimaan sisälämpötilan muutoksiin, esim taloussähkön käytön ja ihmisten lämpökuorman aiheuttamaan ilmaislämpöön, kuin suora sähkölämmitys, jolloin osa lämmöstä menee hukkaan. Suurin ero energiankulutukseen tulee kuitenkin lämmön tuotannon hyötysuhteista. Sähköstä lämpöä tuotetaan 100 %:n hyötysuhteella, kun taas poltettaessa osa polttoaineen energiasisällöstä menee aina hukkaan.

Lämmitysenergiankulutuksen kasvamisen voidaan ajatella vastaavan rakennuksen pinta-alan lisääntymistä. Rakennuspinta-alan kasvattaminen huonontaa sähkölämmityksen kilpailukykyä halvempaa energiaa käyttäviin lämmitystapoihin nähden ja varaavan sähkölämmityksen kilpailukyky paranee suoraan nähden. Suureen kiinteistöön saadaan vesikiertoinen järjestelmä asennettua suhteessa halvemmalla kuin pieneen /Pöyhönen 1993/.

Lämmitystarpeen vähentyessä nykyisestä kaikkien sähkölämmitysjärjestelmien kilpailukyky paranee olennaisesti. Varaavien järjestelmien kilpailukyky ei parane yhtä nopeasti kuin suorien, suurempien investointiensä takia. Kaukolämmityksen kilpailukyky heikkenee lämmitystarpeen pienentyessä kaikkein nopeimmin.



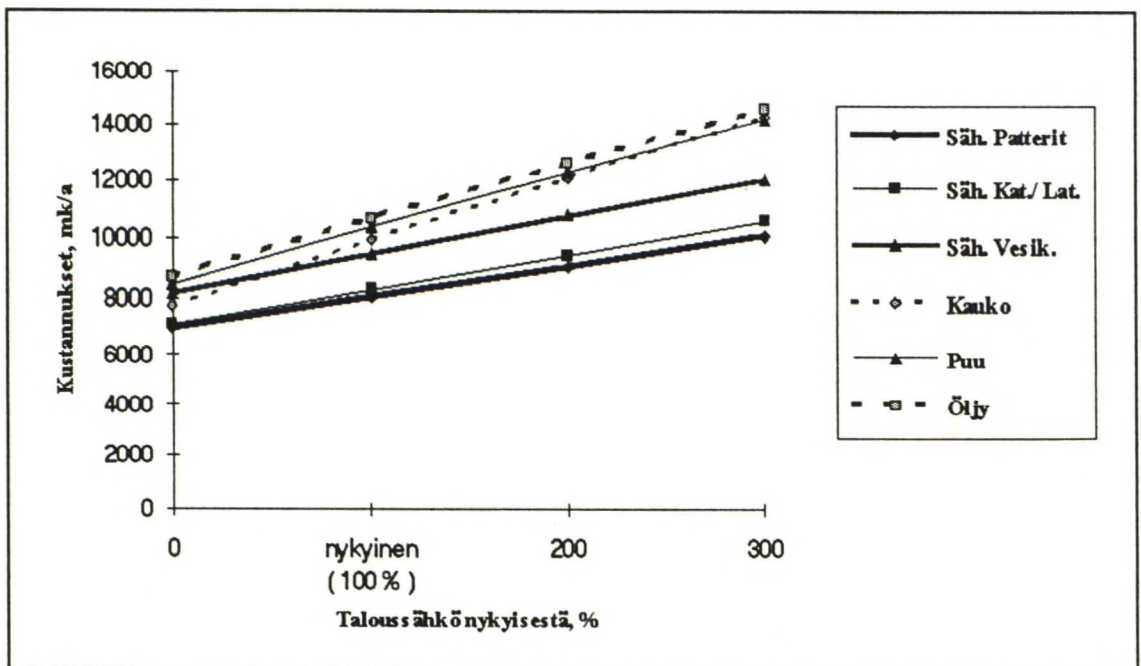
Kuva 7.2: Lämmitystarpeen vaikutus lämmitysjärjestelmien kilpailukykyyn perustalossa (liite 1).



Lämmitystarpeen lisääntyessä nykyiseltä tasoltaan järjestelmien hintakilpailukyvyyn kehitys on luonnollisesti päinvastaista kuin lämmitystarpeen vähentyessä. Lämmitystarpeen lisääntyessä perustalossa vajaalla puolella, kaukolämmön vuosittaiset kokonaiskustannukset alittavat vesikiertoisen sähkölämmityksen kustannukset. Hieman ennenkuin tarve on kaksinkertaistunut, kaukolämpö tulee niin pattereihin kuin katto- ja lattialämmityksenäkin toteutettua sähkölämmitystä edullisemmaksi.

Öljy- ja puulämmityksen taloudellisuus on sähköpatterilämmitystä parempi, jos lämmitystarve kasvaa n. 2,5 kertaiseksi nykyisestä. Katto- ja lattialämmityksellä toteutettu sähkölämmitys on suurilla energiankulutuksilla sähköpatterilämmitystä edullisempaa kokonaiskustannuksiltaan, koska lattialämmitys käyttää enemmän energiastaan edullisemmän yötariffin aikaan kuin sähköpatterilämmitys. Katto- ja lattialämmitys on öljy- ja puulämmitystä kalliimpaa kolminkertaisella lämmitystarpeella.

Taloussähkönkulutus ei riipu olennaisesti lämmitysjärjestelmästä, vaikkakin esim. öljy- ja kiertovesipumpun kulutus lisäävät öljylämmityksen taloussähkönkulutusta. Pääasiassa se johtuu sähkölaitteiden määrästä ja asukkaiden kulutustottumuksista. Kulutus on ollut jatkuvassa kasvussa laitteiden lisääntyessä /Kalevi 1992/.

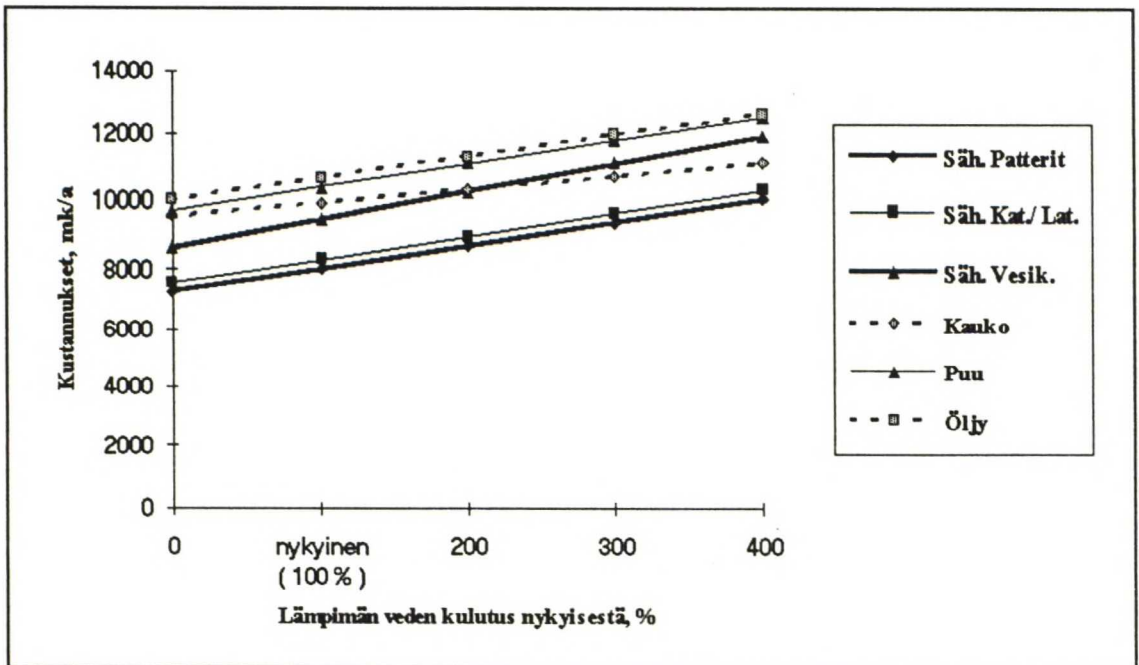


Kuva 7.3: Taloussähkönkulutuksen muutoksen vaikutukset kokonaiskustannuksiin perustalossa.

Taloussähkönkulutuksen kasvu nostaa sähkölämmityskohteiden kustannuksia vähemmän

kuin muiden lämmitysmuotojen. Taloussähköstä 27 % käytetään yöaikaan /Kara 1983/, jolloin sähkölämmittäjät saavat sähkönsä yleistariffia käyttäviä edullisemmin. Taloussähkön käyttö lisää myös ilmaislämpökuormaa talossa, jolloin osa lämmitysenergiankäytöstä korvataan sähköllä. Tämä nostaa kustannuksia, jos varsinainen lämmitysenergian lähde on sähköä edullisempaa.

Lämpimän veden kulutuksen muutoksen vaikutukset ovat samanlaisia kuin lämmitysenergian tarpeen muutoksen. Koska energiaa kuluu veden lämmittämiseen perustilassa kuitenkin huomattavasti vähemmän kuin lämmitykseen, eivät kustannusmuutoksetkaan ole yhtä voimakkaita.



Kuva 7.4: Lämpimän veden kulutuksen muutoksen vaikutus kokonaiskustannuksiin perustalossa.

Lämpimän veden kulutus riippuu olennaisesti perheen elämänvaiheesta /Melasniemi-Uutela 1992/. Asukkaiden tavat ja tottumukset ovat myös ratkaisevia.

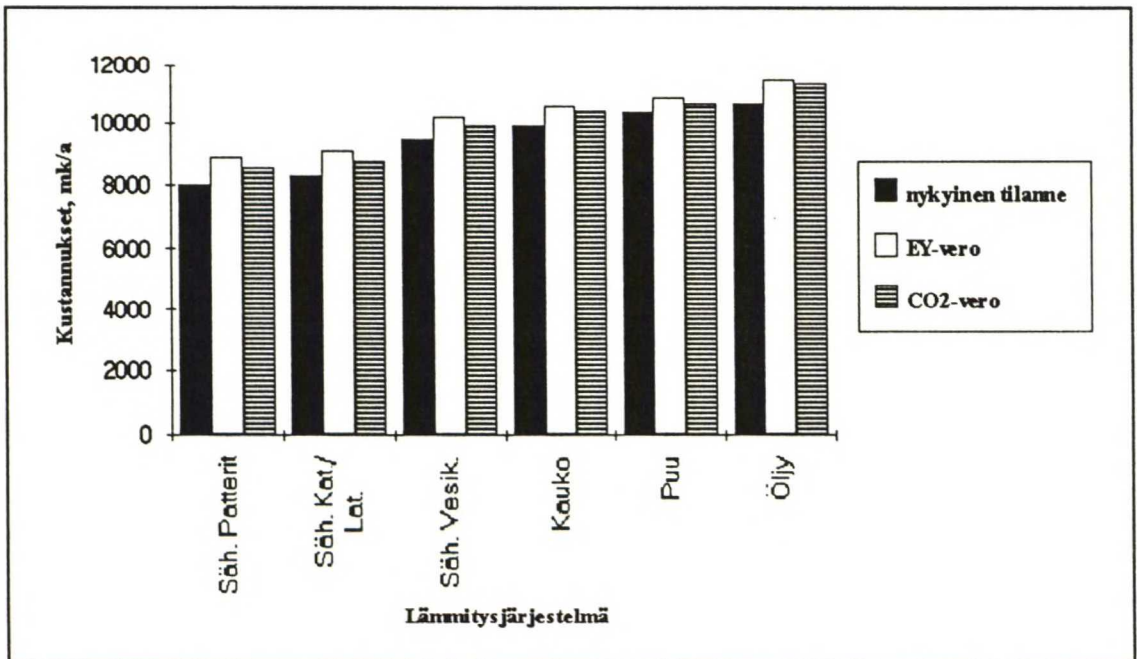


### 7.3.2 ENERGIAN HINTA

#### *Ympäristöverot*

Lämmitysenergian kuluttajahinta näyttää muodostuvan tulevaisuudessa yhä lisääntyvässä määrin ympäristömaksuista ja muista veroista. KTM:n mukaan Suomelle edullisin veromalli ympäristö- ja talousvaikutuksiltaan olisi puhdas CO<sub>2</sub>-malli, mutta poliittisesti näyttää vaikealta jättää ydinvoima verotta. Nyt ollaankin päätyvässä veroon, joka on CO<sub>2</sub>- ja EU-mallin välissä. EU-mallissa vero on suhteutettu raskaan polttoöljyn energiasisältöön ja hiilidioksidipäästöihin siten, että puolet verosta perustuu energiasisältöön ja puolet hiilidioksidi sisältöön. Muiden polttoaineiden kohdalla energiasisältöön perustuva osa pysyy samana, mutta hiilidioksidikomponentti vaihtelee polttoaineittain. Suomen mallissa kerättäisiin 60 % koko verokertymästä hiilidioksidikomponentin mukaan ja 40 % energiasisällön mukaan /Tervo 1993/.

Suomi on ottanut uudet ympäristöperusteiset energiaverot käyttöön yksipuolisesti. EU:ssa uusien energiaverojen käyttöönotto ja lopullinen muoto ovat yhä hämärän peitossa.



Kuva 7.5: Ympäristöverojen vaikutus kokonaiskustannuksiin perustalossa vuonna 2000.

Verojen lämmitysmuototarkastelun pohjana käytettiin sähkölle EU-veron seurauksena 15 %:n ja CO<sub>2</sub>-veron seurauksena 9 %:n korotusta nykyisiin hintoihin vuoteen 2000 mennessä. Vastaavat luvut kaukolämmitykselle ovat 15 % ja 18 %. Kevyellä polttoöl-

jyllä (POK) luvut ovat 18 % ja 21 %. Puulle ei kummassakaan veromallissa tule hinnan korotusta /Kekkonen 1993/.

Ympäristöverot eivät nosta sähkön kustannuksia samassa suhteessa kuin polttoaineiden, koska polttoainekustannukset ovat vain osa sähkön kokonaiskustannuksista. Lisäksi sähkön tuotannosta suurinosa muodostuu vesi- ja ydinvoimasta, joilla ei ole hiilidioksidipäästöjä. Näin ollen sähkön kannalta on sitä edullisempaa, mitä suurempi osa verosta määräytyy hiilidioksidipäästöjen mukaan. /Kekkonen 1993/.

Sähkölämmitys pysyy edullisempänä vaihtoehtona veromallista riippumatta.

EU-vero pitää sähkön ja öljyn välisen hintakilpailutilanteen samana, joskin varaavien sähkölämmitysjärjestelmien kilpailukyky hieman paranee (öljylämmitys +850 mk/a, sähköpatterit +850 mk/a, sähkölämmitys katto/lattia +800mk/a ja sähkö vesikeskus +750 mk/a). Tämä johtuu prosentuaalisen hinnan korotuksen kohdistumisesta markkamääräisesti mitattuna vähemmän yösähkölle kuin kalliimmalle päiväsähkölle.

Sähkölämmityksen hintakilpailukyky paranee öljylämmitykseen nähden CO<sub>2</sub>-veron seurauksena (öljylämmitys +700 mk/a, sähköpatterit +500 mk/a, sähkölämmitys katto/lattia +500 mk/a ja sähkö vesikeskus +450 mk/a). Öljylämmityksen CO<sub>2</sub>-veron EU-veroa alemmat kokonaiskustannukset johtuvat taloussähkön hinnan alentumisesta.

Verot parantavat puulämmityksen kilpailukykyä, koska verorasituksen lisäys tulee puulämmitteiselle talolle ainoastaan taloussähkön kohonneesta hinnasta (EU-vero: +500 mk/a ja CO<sub>2</sub>-vero: +300mk/a).

Kaukolämmityksen kilpailukyky paranee sähkölämmitykseen nähden EU-veron seurauksena (sähkölämmitysjärjestelmästä riippuen 100 - 200 mk/a) ja pysyy jotakuinkin samana CO<sub>2</sub> -verolla.

Uusien ympäristöverojen vaikutus pientalon vuosittaisiin lämmityksen kokonaiskustannuksiin vuoteen 2000 mennessä on maksimissaan 10 % luokkaa (sähköpatterilämmitys EU-verolla).

### *Muut hinnan muutokset*

Sähkön ja kaukolämmön kustannus muodostuu kolmesta komponentista: liittymis-, perus- ja energiamaksusta. Liittymismaksut ovat ikuisia lainoja, joten niiden kustannuksena on vain vuosittainen korko, ei lyhennyksiä. Sähkölämmityksen liittymismaksu riippuu sulakekoosta ja n. 160 m<sup>2</sup> pientaloon asti ei sähkölämmitys aiheuta sulakekoossa muutoksia. Tämän työn energianhintatarkasteluissa sähkön ja kaukolämmön hintaa

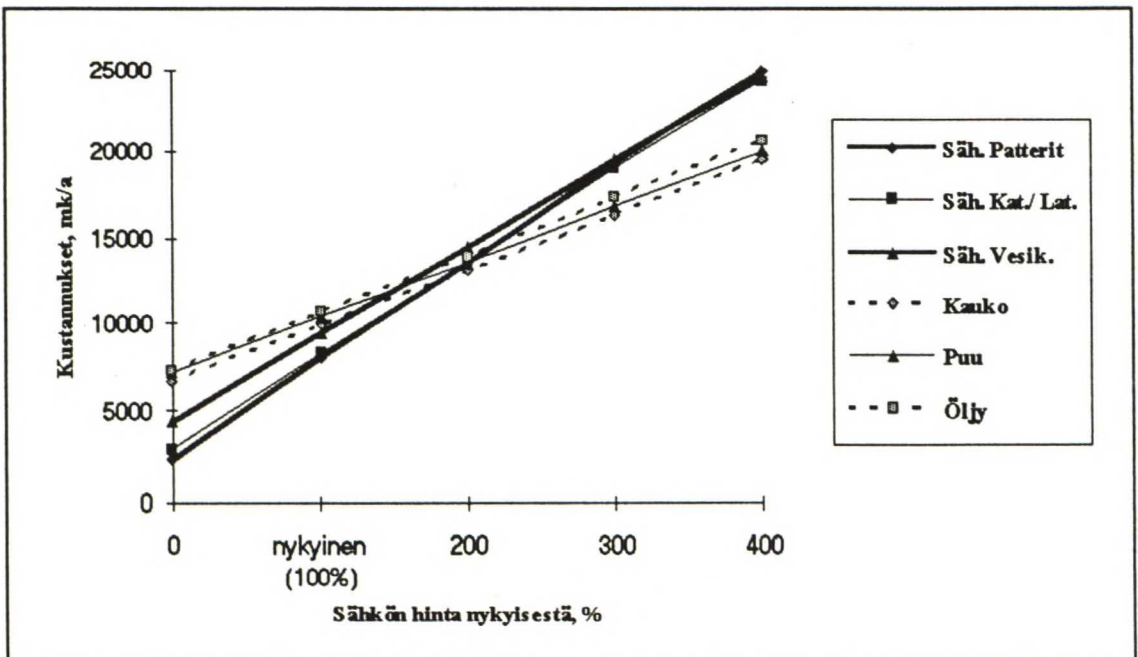


muutettaessa ei muuteta perus- eikä liittymismaksuja.

### *Sähkön hinnan nousu*

Seuraavassa on tarkasteltu kuvitteellista tilannetta, jossa sähkön hinta nousee muiden lämmitysenergiamuotojen hintojen pysyessä vakioina.

Vesikiertoinen sähkölämmitys tulee öljy-, puu- ja kaukolämmitystä kalliimmaksi perustalossa (120 m<sup>2</sup> pientalossa Espoossa), kun sähkön hinta on noussut puolella nykyisestään. Sähkön hinnan kaksinkertaistuttua sähköpatterilämmitys ja yhdistetty katto- ja lattiasähkölämmitys tulevat muita lämmitysmuotoja kalliimmiksi.



Kuva 7.6: Sähkön hinnan nousun vaikutus kustannuksiin perustalossa.

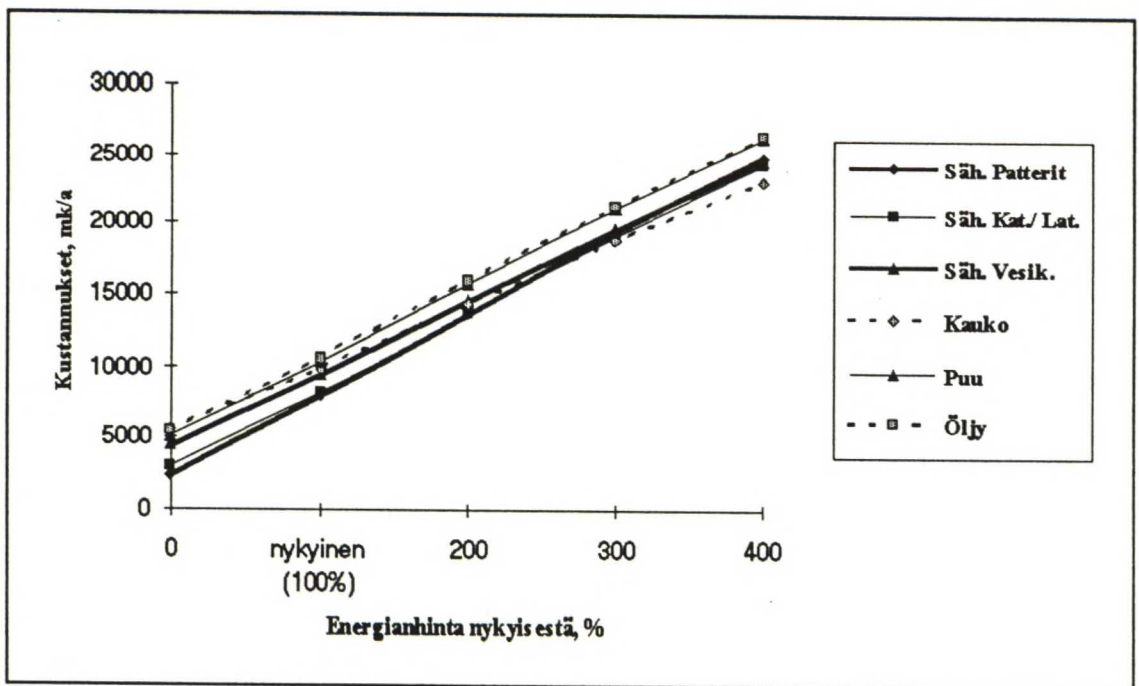
Sähkön hinnan prosentuaaliset korotukset aiheuttavat yösähköä paljon käyttävien lämmitysjärjestelmien hintakilpailukyvyn paranemisen. Sähkön hinnan noustua kolminkertaiseksi sähköpatterilämmitys tulee vesikiertoista sähkölämmitystä kalliimmaksi.

### *Energian hinnan nousu*

Tarkastellaan seuraavaksi tilannetta, jossa kaikkien eri energiamuotojen hinta nousee prosentuaalisesti yhtä paljon. Lämmitysenergian hinnan prosentuaalisesti saman suuruisten muutosten on LVI-alalla sanottu olevan sähkölämmityksen kilpailukyvyn kannalta haitallisia /Merivaara 1993/. Tämä pitääkin paikkansa, jos taloussähkönkulu-

tusta ei oteta huomioon. Kuitenkin taloussähkön kulutus on olennainen osa pientalon energiankulutusta, eikä sitä voi jättää tarkastelun ulkopuolelle.

Kun energianhinta on kaksinkertaistunut nykyisestä, kaukolämmityksen kustannukset alittavat vesikiertoisen sähkölämmityksen kustannukset ja sähköpatterilämmityksen kustannukset ylittävät lattia- ja kattolämmityksellä toteutetun sähkölämmityksen kustannukset. Energian hinnan noustessa 2,5-kertaiseksi kaukolämmityksestä tulee kokonaiskustannuksiltaan edullisin lämmitysmuoto. Sähköpatterit menettävät öljylämmitykseen nähden hintakilpailuetunsa energiakustannusten noustua 7-kertaisiksi ja sähköllä toteutettu katto/lattialämmitys vieläkin myöhemmin.



Kuva 7.7: Energian hinnan muutosten vaikutus kustannuksiin perustalossa.

Vesikiertoisen sähkölämmityksen kilpailukyky paranee öljy- ja puulämmitykseen sekä muihin sähkölämmitysjärjestelmiin nähden energiakustannusten noustessa.

### 7.3.3 INVESTOINTIKUSTANNUKSET

Vesikiertoisten lämmitysjärjestelmien investointikustannukset ovat pientalokoossa huomattavasti sähkölämmitystoteutuksia suurempia. Vesikiertoinenkin sähkölämmitys on investointikustannuksiltaan muiden sähkölämmitysmuotojen ja vesikiertoisten lämmitysmuotojen välissä.

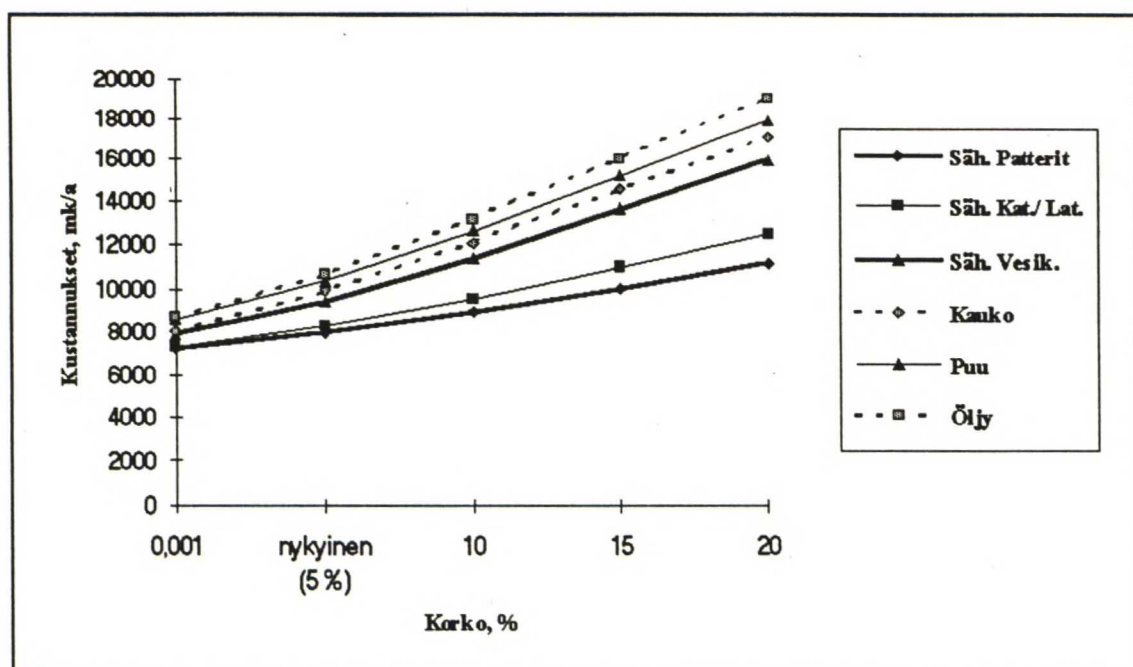


Taulukko 7.3: 120 m<sup>2</sup> pientalon lämmitysinvestointikustannukset asennuksineen (mk).

	SÄHKÖ PATTERIT	SÄHKÖ KATTO/ LATTIA	SÄHKÖ VESI	KAUKO	PUU	ÖLJY
KATTILA JA/TAI VARAAJA			17100	15000	20200	17000
PATTERIT	7820		16200	16200	16200	16200
KATTO- LÄMMITYS		5480				
LATTIA- LÄMMITYS VARAAVA		10300				
LATTIA- LÄMMITYS SUORA	4573	4573				
KÄYTTÖVESI- VARAAJA	8500	8500				
ÖLJYSÄILIÖ						6000
SÄHKÖ- TEKNISET LISÄTYÖT	2300	2200	2500	1050		1050
TILAKUSTAN- NUKSET	1200	1200	12000	6000	18000	18000
RAKENNUS- TEKNISET LISÄTYÖT			1950	1950	2900	5800
YHTEENSÄ	24393	32253	49750	40200	57300	64050

Taulukosta puuttuvat investoinnit, jotka ovat kaikille lämmitysjärjestelmille yhteisiä kuten lämmöntalteenottolaitteisto. Myöskään sähkön liittymismaksua ei ole kirjattu, koska se on kaikille lämmitysjärjestelmille sama 160 m<sup>2</sup> talokokoon asti (3\*25A), josta suuremmat sähkölämmitetyt talot joutuvat siirtymään seuraavaan sulakekokoon (3\*35 A). Sulakkeiden kasvattamisen tarve johtuu pinta-alan mukana kasvavasta sähkötehon tarpeesta. Esimerkiksi lämmöntalteenotolla tai kuormien vuorottelulla voidaan sähkötehon tarvetta olennaisesti laskea. Siten onkin olemassa jopa 200 m<sup>2</sup>:n sähkölämmitteisiä pientaloja 3\*25 A:n sulakkeilla.

Koska investointikustannuksissa on suuria eroja lämmitysjärjestelmien välillä, korkoprosentilla ja takaisinmaksuajalla on vaikutusta lämmitysjärjestelmien vuosikustannuksiin. Koron perusarvona on käytetty 5 %, joka on alhainen korko puhuttaessa yksityistalouksien lämmityshankinnoista /Lund 1993/.



Kuva 7.8: Koron vaikutus lämmitysjärjestelmien hintakilpailutilanteeseen perustalossa.

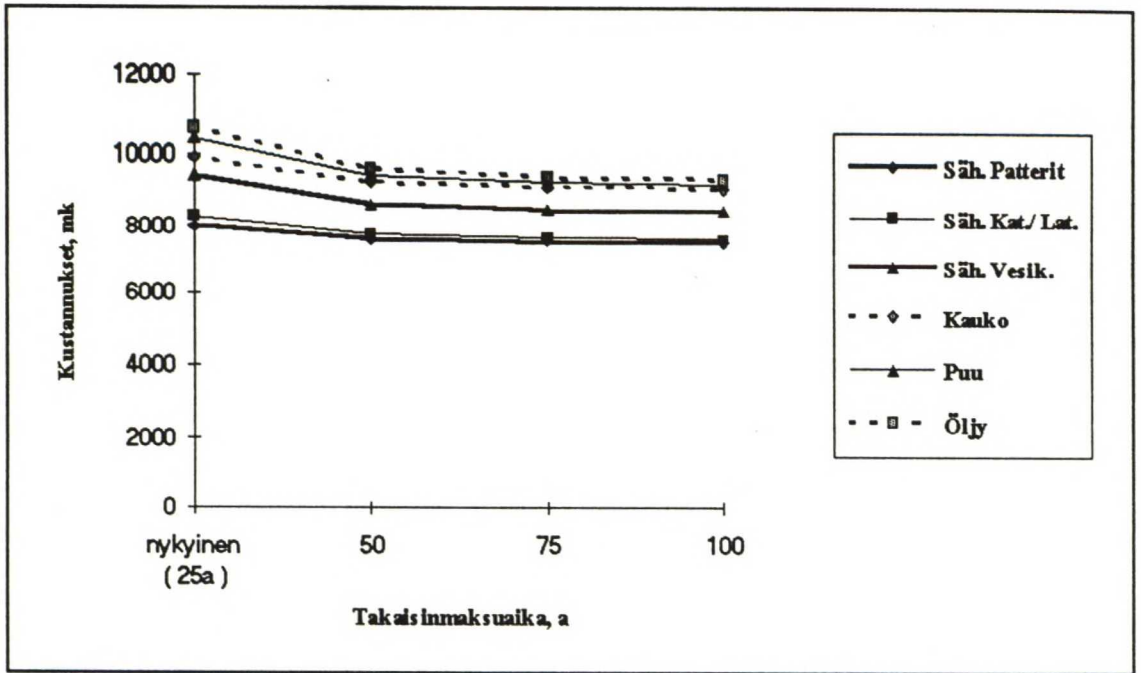
Nostettaessa laskentakorkoa 5 %:sta lähemmäs yksityistalouden todellista korkokantaa 10 %:ia kasvaa öljy- ja sähköpatterilämmityksen välinen kustannusero yli 1,5-kertaiseksi. Korkoa edelleen nostettaessa sähkölämmityksen hintakilpailukyky paranee lisää. Vaikka korko lasketaan lähelle nollaa, ei lämmitysjärjestelmien välinen järjestys muutu, joskin esim. öljylämmityksen ja sähköpatterilämmityksen välinen kustannusero on enää 1400 mk/a.

Yksityistaloudessa investointien tuottovaatimukset ovat tyypillisesti erittäin korkeita /Lepistö 1991/. Lämmitysjärjestelmäinvestoinnin ajoittuminen pientalon rakentamishetkeen, jolloin rahat ovat muutenkin usein vähissä, suurentaa entisestään investoinnin tuottovaatimuksia. Näin ollen perustalolle käytetty 25 vuoden takaisinmaksuaika on teknisesti oikea, mutta todellisen hankintatilanteen kannalta liian pitkä /Lepistö 1991/.

Takaisinmaksuajan kasvaessa nykyisestä eivät eri järjestelmien kustannussuorat kohtaa toisiaan, joskin kustannuserot pienenevät. Kun takaisinmaksuaikaa lyhennetään, vuosikustannukset kasvavat huomattavasti ja samalla eri järjestelmien väliset kusan-

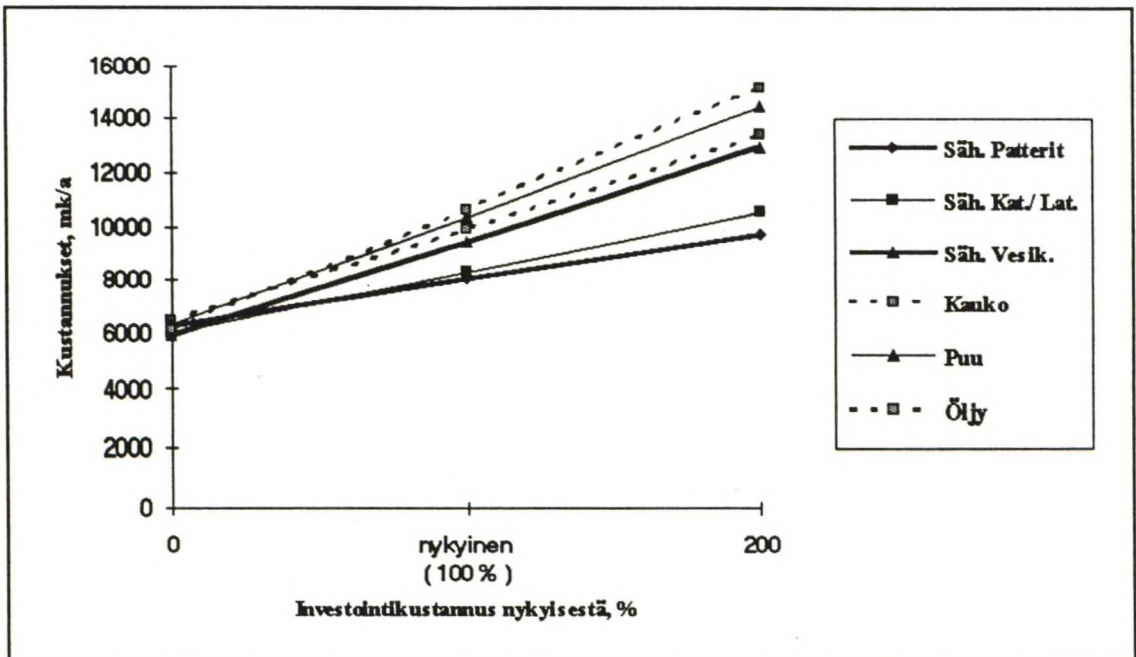


nuserot moninkertaistuvat. Esimerkiksi vuoden takaisinmaksuajalla öljy- ja sähköpatterilämmityksen välinen kustannusero on yli 15,5 kertainen verrattuna 25 vuoden takaisinmaksuaikaan.



Kuva 7.9: Takaisinmaksuajan vaikutus kustannuksiin perustalossa.

Kun investointikustannukset lähenevät nollaa, kaikki kustannukset muodostuvat energiamaksuista, liittymismaksuista ja huoltokustannuksista. Tällöin espoolaisen 120 m<sup>2</sup> pientalon (perustalo), jossa on LTO ja sähkökiuas, vuosittaiset kustannukset vaihtelevat 5900 mk (vesikiertoinen sähkölämmitys) ja 6400 mk (kaukolämmitys) välillä eli kustannuserot ovat vähäiset normaalitilanteeseen verrattuna. Kaukolämmityksen muuttuminen kalleimmaksi lämmitysjärjestelmäksi investointikustannusten lähestyessä nollaa aiheutuu kaukolämmön liittymismaksun tulkitsemisesta ikuisiksi lainaksi, jolloin sen korko (600 mk/a) lasketaan normaalisti mukaan.



Kuva 7.10: Investointikustannuksen muutoksen vaikutus kokonaiskustannuksiin perustallissa.

Investointikustannusten kaksinkertaistuessa öljylämmityksen ja sähköpatterilämmityksen kustannusero yli kaksinkertaistuu perustilanteeseen nähden.

#### 7.4 LÄMMITYSMUOTOJEN TUOTEKUVAT JA ARVOSTUSTEN KEHITTÄMINEN

Lämmitysmuodon tuotekuva on ratkaiseva tekijä asiakkaan valitessa pientalonsa lämmitysjärjestelmää. Asiakkaan mielikuvan lämmitystuotteesta pitää sopia asiakkaan lämmitysjärjestelmälle asettamien reunaehtojen sisään ennenkuin tietty lämmitystuote tulee valituksi.

Lämmitystapavalintoja on aiemmin pyritty tarkastelemaan analysoimalla lämmitysmuotojen valinneiden ihmisten rakenne- ja kulutusprofiilien eroja /Nurmela 1988/. Osoittautui kuitenkin, että tutkittujen sosiaalinen asema tms. seikat, eivät poikenneet toisistaan kotitalon lämmitysmuodon mukaan. Lämmitysmuoto onkin ollut keskiarvokansalaiselle vähemmän tärkeä asia pientaloa rakennettaessa.



#### 7.4.1 TARKASTELUN PERUSTEET

Lämmitystapavalintojen perustelut on saatu Rakennustutkimus RTS Oy:n säännöllisesti kaikille pientalorakentajille tekemistä kyselyistä /Rakennustutkimus RTS Oy 1993/. Tiedot alkavat vuodesta 1987 ja päättyvät vuoteen 1992. Aineistoa on trenditietty regressioanalyysillä kehityssuuntien löytämiseksi. Tulokset kertovat siis eri lämmitysmuodon valinneiden henkilöiden perusteluja lämmitysmuodon valinnalleen.

*Taulukko 7.4: Pientalon lämmitystapavalintasyiden asettuminen luotuun arvoavaruuteen.*

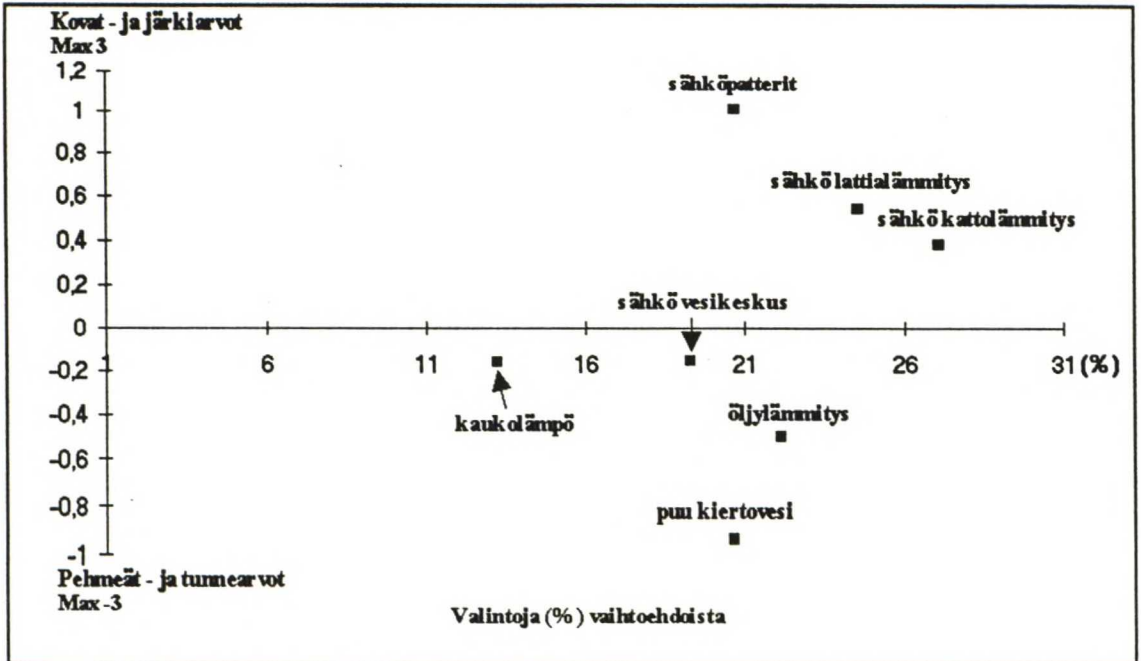
ARVOT	KOVUUS MAX 3 PEHMEYS MAX -3
YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLINEN	-3
TUTTU JÄRJEST./AIK. KOKEM.	-2
TERVEELLINEN LÄMMITYSMUOTO	-2
TURVALLINEN LAPSILLE	-2
EI NÄKYVIÄ PATTEREITA	-2
OMA POLTTOAINE	-1
MAHD. VAIHTAA MYÖHEMMIN	0
KAAVAMAARÄYKSET	0
ASiantuntija suosittelee	1
Talotehdas suosittelee	1
HELPPOHoitoinen	2
HUOLETON/VAIVATON	2
TOIMINTAVARMUUS	2
EDULLINEN HANKINTA	3
EDULLINEN KOKONAISHINTA	3

Työssä on kaikki RTS:n lämmitystapojen valintaseikat (15 kpl) jaettu koviin ja pehmeisiin arvoihin ja luotu näin arvoavaruus (taulukko 7.4). Kovilla arvoilla tarkoitetaan yksilökeskeisiä, helposti mitattavissa, olevia arvoja. Valintakohdat on myös arvotettu kovuuden tai pehmyyden mukaan asteikolle -3...+3.

#### 7.4.2 PIENTALORAKENTAJIEN LÄMMITYSMUOTOMIELIKUVAT

Perinteisesti lämmitysjärjestelmät on valittu kustannusten ja lämmitysjärjestelmän aiheuttaman vaivan perusteella. Kustannuksiltaan edullisimmat ja vaivattomimmat järjestelmät tunnetaan yhä näiden perinteisten valintakriteereiden pohjalta. Sen sijaan kustannuskilpailussa jälkeenjääneitä lämmitysmuotoja markkinoidaan uusien pehmeiden arvoin, jolloin myös niiden tuotekuvat saavat uutta pehmyyttä. Mielikuvan pehmydestä

on pitkällä aikavälillä hyötyä, koska myös pientalojen lämmitystapojen valinta seuraa yhteiskunnassa tapahtuvia laajempia arvojen muutoksia.



Kuva 7.11: Läämmitysmuotojen tuotekuvat /Rakennustutkimus RTS Oy 1993/.

Sähköpatteriläämmityksen tuotemielikuva on lämmitysmuodoista kovin. Sähköpatteriläämmityksen valinneet ihmiset perustelevat valintaansa useimmiten järjestelmän helppohoitaisuudella ja järjestelmän edullisella hankintahinnalla.

Sähkölämmitykset katto- tai lattialäämmityksellä valitaan osittain samojen seikkojen perusteella kuin sähköpatteriläämmityskin. Eduiksi lasketaan kuitenkin sähköpatteriläämmitykseen verrattuna lapsiturvallisuus ja näkyvien pattereiden puuttuminen.

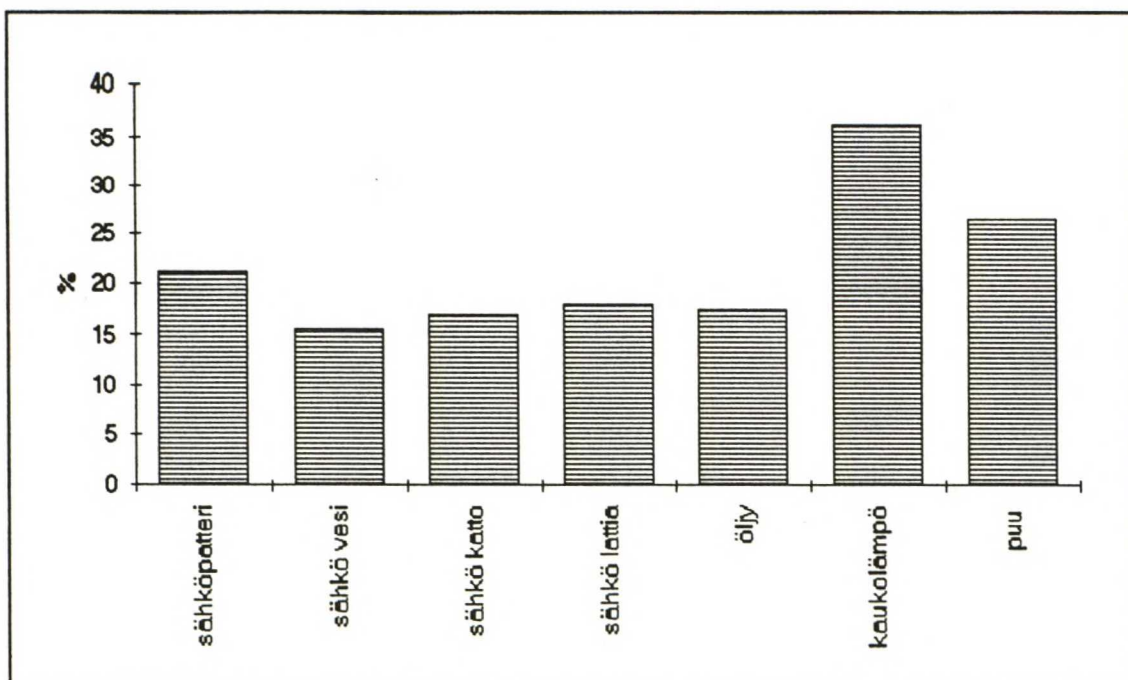
Vesikiertoinen sähkölämmitys on sähkölämmitystavoista tuotekuvaltaan kaikkein pehmein. Helppohoitaisuuden merkitys valintatekijänä on vähentynyt ja tilalle on tullut terveellisen lämmitysmuodon imago.

Kaukoläämmityksellä ei ole kunnollista omaa tuotekuvaa. Se valitaan pientaloihin useimmiten, koska tontin luovutusehtojen takia on pakko.

Öljyläämmityksen valintaa perustellaan toiseksi pehmeimmin perustein. Läämmitysmuoto mielletään lapsiystävälliseksi terveelliseksi lämmitysmuodoksi, josta käyttäjällä usein on ollut aiempiakin kokemuksia.



Puulämmityksen tuotekuva on pehmeä. Puulämmitystä pidetään erittäin terveellisenä ja ympäristöystävällisenä lämmitysmuotona.



Kuva 7.12: Yleisimmin valitun lämmitystavan valintatekijän osuus kaikista vastauksista

Lämmitysjärjestelmistä tuotekuvan monipuolisuuden johdosta erottuvat sähkölämmitykset lattia- ja kattolämmityksellä, noin neljä valintaa viidestätoista kullakin vastauspaperilla. Kaukolämpö erottuu toisessa päässä alle kahdella vastauksellaan per vastauspaperi.

Kaukolämmityksen valinneiden vastauspapereista 72 %:ssa oli mainittu yhtenä tai ainoana valinnan syynä tontin luovutusehdot. Tuotekuvan yksipuolisuus on omiaan heikentämään tuotteen kilpailukykyä, jos kilpailu vapautetaan.

Puulämmityksen valinnan yleisin syy on puun saaminen omasta metsästä (82 % vastauspapereista). Puun polttoon on viimeaikoina alettu liittää entistä useammin positiivisia ympäristöarvoja. Kuitenkin valintojen pohjalla saattaa ympäristöarvoja suuremmassa määrin olla kustannussäästöjen tavoittelu, koska puulämmityksen valinneiden tulotaso on keskimäärin muita ryhmiä alhaisempi /Nurmela 1988/.

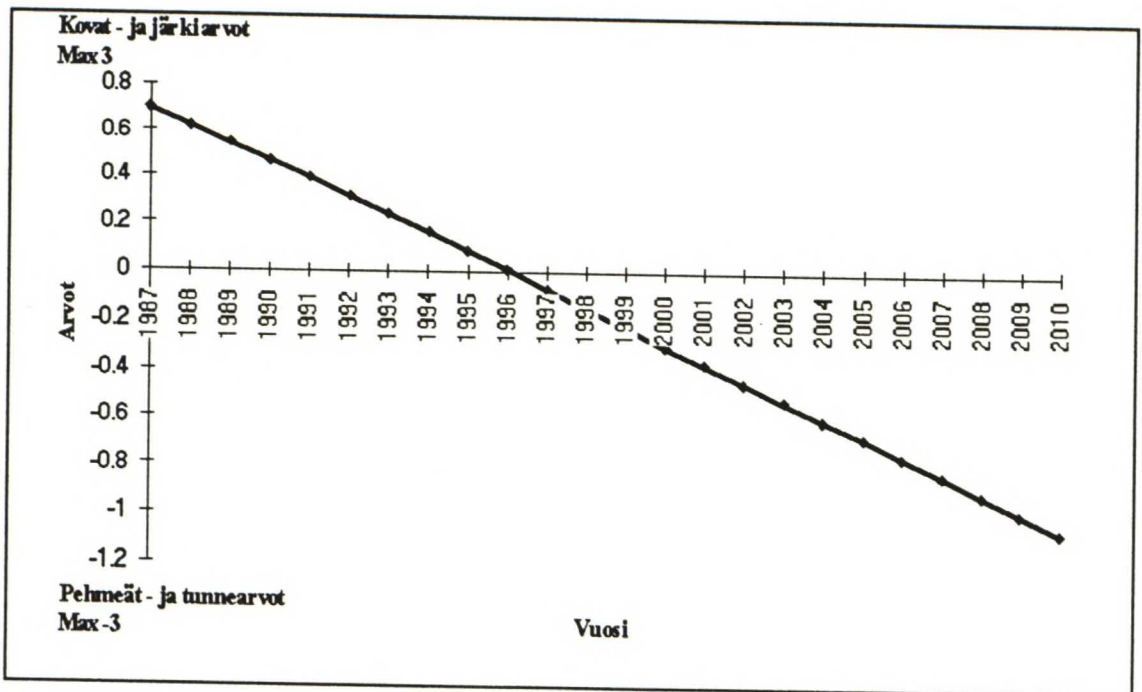
Sähköpattereilla edullisuus ja helppohoitoisuus ovat aiheuttaneet muiden seikkojen toisarvoistumisen. Sähköpatterit ovat esimerkiksi kaikilla tavoin ainakin yhtä terveellinen lämmitysmuoto kuin öljylämmityskin /Heikkinen 1992//Valjus 1989//Haahtela

1993/, kuitenkin öljylämmitys mielletään terveysvaikutuksiltaan huomattavasti paremmaksi. Virheelliset terveystietokohdat perustuvat vanhaan sähköpatteriteknologiaan eli pelätään korkeita pattereiden pintalämpötiloja ja toisaalta pölyn palamista pattereissa /BCR Oy 1989/.

### 7.4.3 LÄMMITYSMUOTOJEN VALINTATEKIJÖIDEN KEHITTYMINEN

Pientalojen lämmitysala seuraa yhteiskunnassa laajemmin tapahtuvia arvojen ja asenneilmaston muutoksia. Asenneilmasto saattaa muuttua huomattavasti arvoja nopeammin. Esimerkiksi ydinvoimakeskustelun aikana sähkölle tuotteena muodostunut negatiivinen kuva vaikuttaa myös sähkölämmityksen tuotekuvaan ja sitä kautta kilpailukykyyn.

Kuvassa 7.13 lämmitystapavalintojen asennekehitystä on tutkittu trendittämällä kehitystä vuosien 1987 - 1992 mittaustuloksien /Rakennustieto RTS Oy 1993/ pohjalta.



Kuva 7.13: Lämmitystapavalintojen arvojen kehittyminen. Viimeinen mittaustulos vuodelta 1993.

Viime vuosikymmenen puolessa välissä yhteiskunnassamme vallitsi tavarafetismiin taipuvainen, kulutuslähtöinen, asenneilmasto /Marketing Radar Oy 1985/. Lämmitysmuotojen kohdalla tämä tarkoitti rahan nousemista ratkaisevaksi kriteeriksi ostopäätöksiä tehtäessä. Vuosikymmenen kääntyessä loppuun vahvistuivat sisäiset arvot, keskityt-



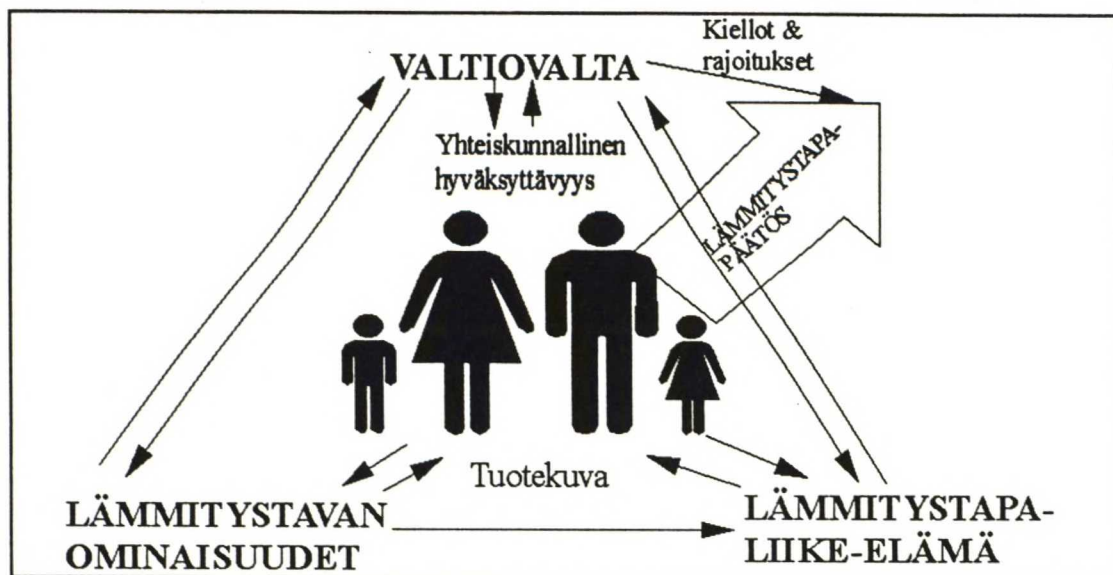
tiin omaan itseensä /Marketing Radar Oy 1989/, jolloin lämmitysmuodolta vaadittiin ennen kaikkea helppoutta ja vaivattomuutta. Maan talouden heikkeneminen näkyi makrotrendien kääntymisenä kohti yhteisöllisten asenteiden korostumista, yleistä säästäväisyyttä ja ympäristöstä huolehtimista /Marketing Radar Oy 1993/.

Edellisestä kuvasta voidaan todeta lämmitysjärjestelmävalintojen perustelujen seuranneen yhteiskunnan megatrendiä kohti pehmeämpiä arvoja.

Kehitys jatkuu nykyisellä linjalla myös tulevaisuudessa. Sähkölämmityksen tuotekuvan on pehmentävä, jotta sähkölämmitys säilyttäisi kilpailukykynsä.

## 8 LÄMMITYSMUOTOJEN KEHITYSKULKU VUOTEEN 2010

Vaikeus pientalojen lämmityskehityksen ennustamiseen johtuu yksittäisen talon lämmitystavan valintatapahumasta. Lopullisen päätöksen tekee talon tuleva omistaja tai valtiovalta laajan vaikuttajaverkon impulssien pohjalta.



Kuva 8.1: Lämmitystavan valinnan päätösverkko.

Pientalojen lämmityksen kehittymisen ongelmaa on seuraavassa lähestytty luomalla kolme mahdollista pientalojen lämmityksen kehityssuuntaa. Kaikille kehityssuunnille yhteisenä alkuoletuksena on pidetty pientalojen lisätarvetta (kts. 3.1) sekä reaalitulojen puolitoistakertaistumista /Romppanen 1993/.

Kehityssuuntien vaikutus pientalojen sähkölämmityksen laitekehitykseen on esitetty tarkemmin luvussa 5.

### 8.1 MATALAENERGIA

Matalaenergiatutkimus on kaupallisesti hyödynnettävässä vaiheessa. Voidaan perustellusti olettaa pientalojen energianominaiskulutusten romahtavan lähivuosina. Energian ominaiskulutuksen laskun oletetaan seuraavan pientalojen matalaenergiatutkimukselle asetettuja vaikuttavuustavoitteita, mikä tarkoittaisi energiankulutuksen putoamista alle puoleen ja lämmitysenergiankulutuksen putoamista neljäsosaan nykyisestä /Kohonen 1993/. Tässä yhteydessä on



huomattava VTT:n käyttämä lämmitysenergian tarpeen lähtötaso, joka on 160 kWh/m<sup>2</sup>,a. Käytännössä uusi sähkölämmitetty pientalo pääsee noin puoleen tästä tasosta (tämän työn perustalon lämmitystarve 110 kWh/m<sup>2</sup>,a). Lämmitysenergiankulutus on lämmitystarvetta alhaisempi, koska osa taloussähköstä hyödyntyy lämmityksessä, aurinko- ja ihmiset lämmittävät taloa ja lämmön talteenottolaitteisto ottaa talteen osan ilmanvaihdon kautta muuten häviävästä lämmöstä.

Lämmitysenergian hinnan todennäköinen kohoaminen (kts. 3.3.2) vahvistaa matalaenergiakehitystä.

Kun pientalon lämmitysenergian tarvetta vähennetään nykyiseltä tasolta, kustannukset nousevat aluksi talon eristystasoa lisättäessä ja käytettäessä normaalia parempia ikkunoita. Kun lämmöntarve vähenee noin puoleen (80 kWh/m<sup>2</sup>,a), saadaan lämmitys integroitua ilmanvaihtoon tai vesijärjestelmään. Tällöin kustannukset putoavat. Pyrittäessä säästämään lämmityskulutuksen viimeisiä prosentteja (kulutus alle 20 % nykyisestä) investointikustannukset nousevat erittäin jyrkästi, koska vaaditaan erityisratkaisuja kuten aurinkokeräimiä. Kuva 3.2: Pientalon investointikustannukset lämmitystarpeen funktiona /Kohonen 1993/.

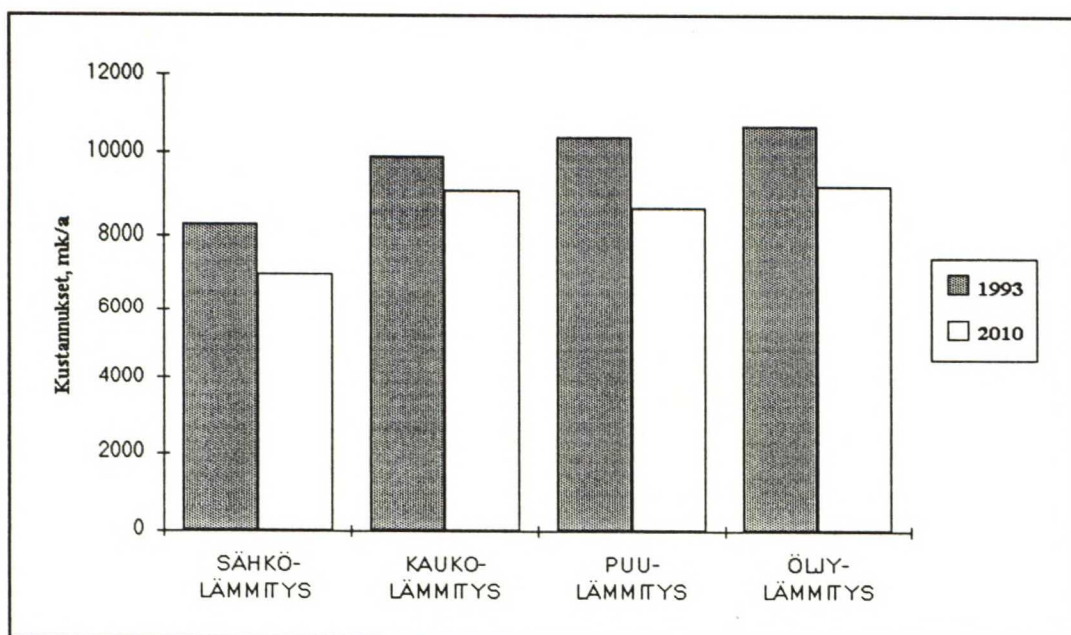


Kuva 8.2: Pientalon investointikustannukset lämmitystarpeen funktiona /Kohonen 1993/.

Pääasiallisena lämmitysjärjestelmänä taloissa on ilmastointilämmitys. Lämmityslaitteinvestointien on oletettu putoavan puoleen nykyisestä.

Lämpimän veden kulutukseen aletaan kiinnittää enemmän huomiota muun energiankulutuksen pienentyessä. Lämpimän veden kulutuksen oletetaan vähenevän 25 %.

Kotitaloussähkön käyttö kasvaa tarkastelujakson alkupuolella, mutta vähenee loppua kohti. Laitteiden sähkön kulutusta kannattaa alentaa nykyisestä, koska energiankulutus vähenee. Kun talot ovat tiiviitä lämpötila nousee ilmaiskuormien vaikutuksesta yli asetteluarvojen, jolloin nykyistä suurempi osa ilmaislämmöstä menee hukkaan.



Kuva 8.3: Uuden pientalon kokonaiskustannukset Espoossa vuonna 1993 ja matalaenergia kehityssuunnan toteuduttua vuonna 2010.

Lämmityksen vuosikustannukset nykytilanteelle ja matalaenergiatulevaisuudelle liitteen 3 lähtöarvojen pohjalta on esitetty kuvassa 8.3. Alkuarvojen valinnassa on käytetty sähkölämmityksen kannalta epäedullisia ratkaisuja. On mm. oletettu, että lämmitysjärjestelmäinvestoinneista saadaan pudotettua yhtä suuri osuus öljy- ja puulämmityksessä kuin sähkölämmityksessäkin (50%). Käytännössä kattilainvestointi ei kuitenkaan riipu suoraan lämmönominaiskulutuksesta. Jos kattilasta luovuttaisiin kokonaan, olisi lämmin vesi lämmitettävä sähköllä.

Kaukolämmöllä, öljyllä ja puulla lämmitettyjen matalaenergiapientalojen kokonaisenergiankulutuksesta on n. 65 % sähköä. Lämmityksestä puolet on



taloussähkön käytöstä hyödyntynyttä ilmaislämpöä.

Kaikille lämmitysjärjestelmille on olennaista saada nopeasti markkinoille matalaenergiataloihin sopiva lämmitysjärjestelmä. Suunnittelijat ja urakoitsijat oppivat käyttämään tiettyä lämmitysratkaisua, jolloin siitä muodostuu eräänlainen epävirallinen standardi matalaenergiataloille.

Lähes kaikki vuonna 2010 rakennettavat pientalot ovat sähkölämmitettäviä. Muiden energiamuotojen käyttäminen lämmitykseen on taloudellisesti epäviisasta. Taloudellisuuden lisäksi sähkölämmitys sopii matalaenergiapientaloihin, koska sähköjärjestelmien säätäminen on yksinkertaista.

## 8.2 RAUHALLINEN KEHITYS

Tilanteen voidaan olettaa myös kehittyvän rauhallisesti ilman suuria teknisiä läpimurtoja. Kehityssuuntaa puoltaa ihmisten luontainen muutosvistarinta ja uuden tekniikan pelko. Talotekniikan tutkimusmäärärahat ovat myös lähitulevaisuudessa vähenemään päin, koska rakentamisen tarve pienenee kaikissa länsimaissa /Kohonen 1993/.

Uusien pientalojen energiankulutus vähenee noin kymmenyksellä talojen eristetason lisääntymisen ja lämmöntalteenoton hyötysuhteiden parantuessa kiristyvien rakentamismääräysten johdosta /Hallituksen energian... 1992/.

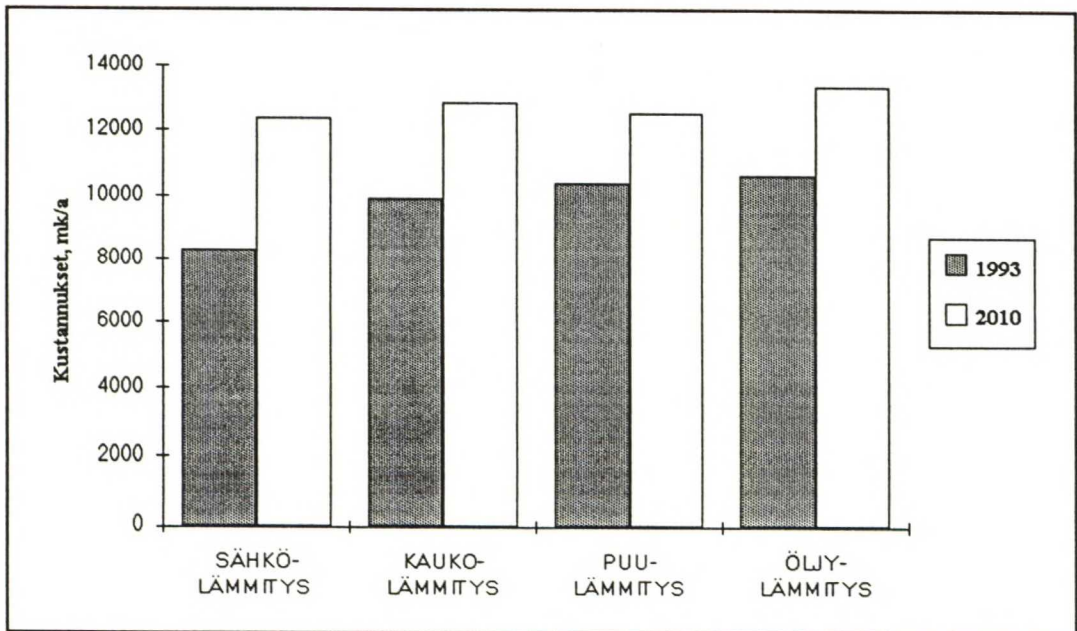
Lämmitysenergian hinnan kehitys on maltillisempaa kuin matalaenergia-kehityssuunnassa (liite 3). Koska energiankulutus laskee hitaasti, valtiovallan puuttuminen lämmitysmarkkinoihin on todennäköisempää kuin matalaenergiatapauksessa.

Lämmityslaitetekninen kehitys on rauhallista, koska suurta ulkoista painetta ei ole. Lämmityksen säätö kehittyy, lämmöntalteenoton hyötysuhteet paranevat ja polttoon perustuvien järjestelmien kattiloiden vuosihyötysuhteet kasvavat. Muutokset eivät kuitenkaan sanottavammin vaikuta lämmitysjärjestelmäkokonaisuuksiin.

Kotitaloussähkön kulutus lisääntyy varustetason parantuessa. Kasvu kuitenkin hidastuu tarkastelujakson loppua lähestyttäessä. Kojeden sähkön kulutuksen pienentäminen on harvoin taloudellisesti kannattavaa. Nykyistä suurempi osa käytetystä kotitaloussähköstä hyödyntyy nimittäin ilmaislämpönä lämmityksessä, koska lämmityksen säätöjärjestelmät ja lämmöntalteenottolaitteet kehittyvät.

Lämpimän käyttöveden kulutuksessa ei tapahdu muutoksia. Energiansäästöä saadaan lämmityksestä pienemmin kustannuksin.

Lämmitysjärjestelmien keskinäinen kilpailukyky riippuu pitkälti eri energialähteiden hintasuhteista. Sähkölämmityksen kannalta olennaista on yö- ja päiväenergiakomponenttien hinnan ero, joka riippuu sähkön tuotantorakenteen kehittymisestä. Tuotantorakenteen muuttuminen on kuitenkin hidasta voimaloiden pitkien käyttöikien takia.



Kuva 3.4: Uuden pientalon kokonaiskustannukset Espoossa rauhallisen kehityksen tapauksessa .

Kuvassa 3.4 on laskettu lämmityksen vuosikustannukset nykytilanteelle ja rauhallisen kehityksen tulevaisuudelle liitteen 3 alkuarvojen pohjalta. Alkuarvojen valinnassa on käytetty sähkölämmityksen kannalta epäedullisia ratkaisuja. On mm. oletettu, että halvemman tariffin sähkön hinta nousee neljänneksen vielä koko sähköä rasittavan 75 % :n nousun lisäksi. Sähkölämmityksen investointikustannuksina on käytetty yhdistetyn katto- ja lattialämmityksen kustannuksia, eikä halvemman sähköpatterilämmityksen kustannuksia. Kuitenkin käytännössä varaavat lämmitysmuodot vähenevät olennaisesti, jos sähkön päivä- ja yökomponentin hintaero supistuu.

Sähkölämmitys säilyttää taloudellisen kilpailukykyä myös tasaisessa kehityksessä. Ellei valtiovalta puutu lämmitysjärjestelmien valintamahdollisuuksiin,



sähkölämmitys säilyttää tai parantaa asemaansa pientalojen lämmitysmarkkinoilla.

### 8.3 VIHREÄ KUMOUS

Omaksi kehityssuunnakseen saattaa muodostua lämmitystekniikassa vihreiden arvojen kumous. Päädytään tilanteeseen, jossa päätöksiä ei tehdäkään pääasiallisesti kansantaloudellisen tai yksityistaloudellisen kannattavuuden vaan ympäristöarvojen pohjalta.

Lämmitysjärjestelmän kannalta vihreä kumous näkyisi joko matalaenergiatekniikkaan yhdistettynä uusien- ja bioenergiälähteiden käyttöön tai pelkästään näiden vaihtoehtoisten energialähteiden lisääntyvänä käyttöä /Lund 1993/.

Uusien ja bioenergiälähteiden yhdistäminen matalaenergiatekniikkaan on suurten investointikustannusten ja pienen energiankäytön takia taloudellisesti erittäin epäviisasta. Taloudellinen kannattavuus ei kuitenkaan ole pientalojen rakentamisessa merkittävä tekijä. Ratkaisevaksi tekijäksi muodostuu pientalon ostoenergian minimoiminen.

Vihreiden arvojen vallankumous antaisi uusiutuvista energialähteistä entistäkin paremman kuvan lämmitysjärjestelmien hankkijoille ja mahdollistaisi erilaiset lämmitystapojen rajoitukset ja kiellot.

Vihreiden arvojen noustessa hallitsevaan asemaan kunkin lämmitysmuodon on kyettävä luomaan itselleen ympäristöystävällinen tuotekuva. Sähkölämmitykseltä tämä kehityssuunta vaatisi suurta mukautumiskykyä. Lämpöpumppuratkaisut ja sähkön käyttö lisälämmitykseen esim. puulämmityksessä kohteissa tarjoaisivat mahdollisuuden sähkölämmityksen toteuttamiseen.

## 9 YHTEENVETO

Anotuista pientalojen rakennusluvista 70 % on sähkölämmitykselle. Norjassa ja Quebecissä sähkölämmityksen markkinaosuus on suurempi kuin Suomessa. Ruotsissa sekä Ranskassa markkinaosuus on samaa luokkaa kuin Suomessa ja Saksassa sekä Tanskassa huomattavasti alhaisempi.

Vuoteen 2010 asti rakennetaan vuosittain n. 15000 uutta pientaloa, vaikka väkiluku kääntyykin laskuun vuosituhanen vaihteen jälkeen. Pientalotarvetta lisäävät: kansan vaurastuminen, asumisväljyyden kasvu ja asuntojen poistuma.

Tulevaisuudessa lämmitysjärjestelmä valitaan samoilla perusteilla kuin nykyisinkin, mutta tekijöiden keskinäiset painotukset muuttuvat. Asumismukavuus, haitattomuus terveydelle, yhteiskunnallinen hyväksyttävyys ja saatavuus muodostuvat itsestäänselvyyksiksi, jotka kaikkien lämmitysmarkkinoilla kilpailevien järjestelmien on täytettävä. Monipuolisuus, kustannukset ja ympäristövaikutusten vähäisyys ovat lisäarvotekijöitä, joiden perusteella lämmitysjärjestelmä valitaan.

Sähkölämmityksellä on hyvät mahdollisuudet vastata kehityksen vaatimuksiin monipuolisen järjestelmäkantansa takia. Tuotekuvan on pehmenyttävä ilman, että taloudellinen kilpailukyky muihin lämmitystapoihin nähden heikkenee olennaisesti tai lämmitysjärjestelmän hoitaminen mutkistuu.

Sähkölämmityksen vaihtoehtoista biopolttoaineiden ja uusien energialähteiden käyttö lämmitykseen valtaa alaa ympäristöystävällisyytensä takia. Maakaasulämmitys saattaa yleistyä uusissa taajamissa, jos kaasun riittävyys saadaan varmistettua. Öljylämmityksellä tulee olemaan vaikeuksia tiheään asutuilla alueilla, koska se heikentää asuinympäristön ilman laatua.

Työssä luotiin kolme mahdollista kehitysuraa tulevaisuudelle: matalaenergia, rauhallinen kehitys ja vihreiden arvojen kumous.

Matalaenergia vaihtoehdossa lämmitysjärjestelmä integroituu ilmanvaihtoon tai lämmittäminen tapahtuu lämpiävillä huonemateriaaleilla (ikkunalämmitys, lämmitettävät lakat ja maalit jne.). Merkittävästi alentuneista investointikustannuksista ja energiatarpeesta johtuen kokonaiskustannukset laskevat, vaikka energian hinta nousee olennaisesti. Sähkölämmitys on alhaisten investointikustannustensa, helpon säädettävyytensä ja monipuolisuutensa tähden ylivoimainen lämmitysjärjestelmä.

Rauhallisessa kehityksessä kokonaisenergiankulutus putoaa noin kymmenes osan,



vaikka taloussähkön kulutus kasvaa vielä hieman. Lämmitysjärjestelmissä ei tapahdu suuria mullistuksia. Sähkölämmitys säilyttää taloudellisen kilpailukykyä, vaikka energian hintakehityksen oletettiin olevan sähkön kannalta epäedullinen. Sähkö säilyttää markkinaosuutensa pientalojen lämmityksessä tai parantaa sitä hieman.

Vihreiden arvojen kumous on kehitysurista arvaamattomin. Lämmitystapapäätökset tapahtuvat suuressa yhteiskunnallisessa paineessa ja valtiovallan puuttuminen lämmitysmarkkinoille on todennäköistä. Sähkölämmitysjärjestelmät kokevat murroksen uussähkölämmitysmiksi, joille tyypillistä on yhteiskäyttö uusiutuvien energialähteiden kanssa ja lämpöpumpun käytön yleistymisen.

Taulukko 9.1: Eri kehitysurien vertailu.

	MATALAENERGIA	RAUHALLINEN	VIHREÄKUMOUS
TYYPILLISTÄ			
YLEISIN LÄMMITYSENERGIA	sähkö	sähkö	puu, maalämpö, aurinko
ENERGIAKULUTUS (taulukon 7.1 arvoista)	40 - 85 %	85 - 100 %	80 - 150 %
LÄMMITYSTARVE (108 kWh/m <sup>2</sup> a)	20-40 %	70-100 %	70-150 %
TALOUSSÄHKÖN KULUTUS (perustalo 7 kWh/a)	90-100 %	100-110 %	75-100 %
LÄMMIN VESI (perustalo 4 kWh/a)	50-75 %	80-100 %	80-100 %
SÄÄTÖJÄRJESTELMÄ	keskitetty, kehittynyt	hajautettu, tasaisesti kehittyvä	sivuroolissa
ILMANVAIHTO	tarpeenmukainen	nykyisen kaltainen	nykyisen kaltainen
VALINTATEKIJÄT (merkitys nykyiseen verrattuna)			
YHTEISKUNNALLINEN HYVÄKSYTTÄVYYS	+	=	+
TUOTEKUVA	+	+	+
YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	+	+	+
TERVEYSVAIKUTUKSET	+	=	=
ASUMISMUKAVUUS	+	=	-
KUSTANNUKSET	=	=	-
SAATAVUUS	-	=	-

Lämmitysjärjestelmien energia-, investointi- ja huoltokustannusten muodostumisesta tehtiin laskentamalli. Mallissa oli kuusi erilaista lämmitysjärjestelmää: sähköpatterilämmitys, sähkölämmitys toteutettuna katto- ja lattialämmityksenä, vesikiertoinen sähkölämmitys, kaukolämmitys, öljylämmitys ja puulämmitys.

Perustalossa (120 m<sup>2</sup>, 4 henkeä, Espoossa) pienennettiin vuorollaan kaikkia laskentamallin parametrejä 10 % ja tarkkailtiin kustannusvaikutuksia. Sähkön hinnan nousulla oli suurempi vaikutus polttoon perustuvien lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannuksiin kuin varsinaisen polttoaineen hinnan suhteessa yhtäsuurella muutoksella.

Ennenkuin perustalon lämmitystarve puolitoistakertaistuu kaukolämmitys tulee vesikiertoista sähkölämmitystä edullisemmaksi. Lämmitystarpeen lisääntyessä 2,5 kertaiseksi kaikki mallin sähkölämmitysjärjestelmät ovat menettäneet taloudellisen kannattavuutensa verrattuna muihin mallin lämmitystapoihin.

Lämpimän veden kulutuksen lisääntyminen heikentää sähkölämmitysjärjestelmien kilpailukykyä. Taloussähkön kulutuksen lisääntyminen parantaa sähkölämmitysjärjestelmien kilpailukykyä.

Uusista ympäristöveromalleista hiilidioksidimalli olisi sähkölämmitykselle EY-veroa edullisempi. Ympäristöverojen vaikutus ei muuta lämmitysjärjestelmien keskinäistä edullisuusjärjestystä.

Vesikiertoinen sähkölämmitys tulee öljy-, puu- ja kaukolämmitystä kalliimmaksi perustalossa, kun sähkön hinta on nousut puolella. Sähkön hinnan kaksinkertaistuttua sähköpatterilämmitys ja yhdistetty katto- ja lattiasähkölämmitys tulevat muita lämmitysmuotoja kalliimmiksi.

Öljylämmityksen energiakustannukset ovat n. 800 mk/a edullisemmat kuin sähköpatterilämmityksellä. Investointi- ja huoltokustannukset ovat kuitenkin hallitsevia, kun energiakustannusten erot ovat näin pieniä. Sähköpatterilämmitys on öljylämmitystä edullisempi kokonaiskustannuksiltaan, vaikka korko olisi vain 0,001 % tai investoinnin takaisinmaksuaika peräti 100 vuotta.



## SKENAARIOIDEN LÄHTÖARVOT

### Yhteiset muutokset

Asukasluku 3 ja sähkölämmityksen lähtöarvoina käytetään lattia/kattolämmitysjärjestelmää. Muuttumattomat arvot kts. liite 1.

### Matalaenergia

Energian hinta	% nykyisestä
Sähkö	200 %
Kaukolämpö	150 %
Öljy	150 %

	% nykyisestä
Huoltokustannukset	50 %
Investointikustannukset	50 %
Lisälaitteiden sähkön kulutus	75 %
Kaukolämmön mitoitusteho	50 %

Energian tarve	% nykyisestä
Lämmitys	25 %
Lämmin vesi	75 %

	Uudet arvot
Taloussähkön hyödyntäminen	-10 %
Ilmanvaihdon osuus lämmön kulutuksesta	80 %

## RAUHALLINEN KEHITYS

Energian hinta	% nykyisestä
Sähkö	175 %
Kaukolämpö	150 %
Öljy	125 %
Halvemman tariffin sähkö	125 %

	% nykyisestä
Huoltokustannukset	75 %

Energian tarve	% nykyisestä
Lämmitys	90 %
Taloussähkö	120 %

	Uudet arvot
Ilmanvaihdon osuus lämmön kulutuksesta	50 %



# LÄHDELUETTELO

- Ala-Risku, E.* 1993. Espoon Sähkö Oy. Haastattelu 20.9.
- Andersen, A.* 1991. European electric power trends. Cambridge energy research associates. s.111.
- Anon.* 1992. Asumisen sähkönkulutus. Helsinki, Suomen Sähkölaitosyhdistys r.y. s.68.
- Anon.* 1991. Gas-fired radiation heating in churches. IEA, Caddet result 75, s.4.
- Anon.* 1990. Energiatalouden kehityslinjoja vuoteen 2025. Helsinki, KTM B:70. s.80
- Anon.* 1991. Energiatilastot 1990. Helsinki, KTM. s.135.
- Anon.* 1992. Hallituksen energiansäästöohjelma. Helsinki. s. 27
- Anon.* 1991. Heat pump using sewage water as heat source. IEA , Caddet result 43, s.4
- Anon.* 1992. Kaukolämpötariffi. Espoo, Espoon Sähkö Oy.
- Anon.* 1992. Kaukolämpötilasto 1991. Lämpölaitosyhdistys ry. s.76.
- Anon.* 1993. Les chiffres clés. Paris, EDF. s.5.
- Anon.* 1987. Lämpöpumppujen käyttökokemukset ja soveltuvuuspotentiaali 1990-luvulla. Helsinki, Ekono Oy, KTM D:124. s.134.
- Anon* 1993. Maakaasu. Neste Oy, Rakennustutkimus RTS Oy:n LVI-kortti LVI 74-20334. s.4.
- Anon.* 1993. Maakaasuyhdistyksen vuosikirja 1992. Salo. s. 90.
- Anon.* 1985. Monitor 1985. Marketing Radar Oy
- Anon.* 1989. Monitor 1989. Marketing Radar Oy
- Anon.* 1993. Monitor 1993. Marketing Radar Oy
- Anon.* 1987. Omakotitalojen suunnittelu. Asuntohallitus, ohjekirja A14. s.4.
- Anon.* 1993. Pientalojen rakentajatutkimus. Helsinki, Rakennustutkimus RTS Oy, 1/93. s. 40.
- Anon.* 1992. Rakennuskantalevyke. Helsinki, Tilastokeskus.
- Anon.* 1993. Rakennuslupatilastolevyke 1. Helsinki, Tilastokeskus.
- Anon.* 1993. Rakentamisen näkymät vuoteen 1997. Rakennustuoteteollisuus. s.9.
- Anon.* 1990. Sähkölämmitys kaukolämpöalueilla.Helsinki, Ekono Oy,KTM B:71.s.37
- Anon.* 1991. Straw-fired district heat plant. IEA, Caddet result 32. s.4
- Anon.* 1993. Sähkön hintakatsaus. Helsinki, Suomen Sähkölaitosyhdistys ry. s.65
- Anon.* 1993. Sähkön kysynnän ja hankinnan näkymiä. Helsinki, KTM, A 1. s. 61.
- Anon.* 1993. Terveellinen ympäristö. Helsinki, Suomen Lääkäriliitto, Suomen Lääkäriliiton julkaisusarja 1:1993. s. 49.

Anon. 1993. Tilastot. Energiakatsaus, 3, s.15 - 32.

Anon. 1993. Vuorokauden tuntien keskimääräiset lämpötilat. Helsinki. Puhelinkeskustelu, Ilmatieteen laitos.

BCR Oy, 1989. Asumisen ja toimistotyön visio 2000, vaikutus sähkölämmitystehon säästön tuotekehityshankkeisiin. In: Simola, I. (proj. pääll.) Sähkölämmityksen säästö väliraportti I. Helsinki. liite 2.

Gullev, J. 1993. Anvendelse af elvarme i Danmark, Nesa As. s.2.

Guenot, M. 1993. Le chauffage électrique un excellent produit. s.4.

Engbreetsen et al. 1993. Fossile brenslers plass i det norske energimarknad. Avgitt til naerings- og energidepartement. s.188.

Estlander, A. 1990. Maakaasun ilmastovaikutukset. Kaasuviesti 2. s.20-21.

Haahtela, T. et al. 1993. Sisäilma ja terveys. Loimaa, Allergialiitto ry. s. 277.

Hagner, B. 1993. Tehostettavaa on ja paljon. Talotekniikka 3. s.41.

Hakala, I. 1992. Maakaasun käytön ja jakelun turvallisuus. Haminan Energialaitos, Maakaasu Haminassa 10 v. s.8.

Hakala, P. 1993. Suunnittelutoimisto Hakala, Haastattelu 30.8.

Hakkarainen, S. et al. 1989. Sähkölämmityksen nykytilanne. In : Simola, I (proj. pääl.) Sähkölämmityksen säästö väliraportti I. Helsinki. liite 3.

Haukioja, R. 1991. Pientalojen lämpöpumppuratkaisut. Helsinki, IVO B 6/91. s.45

Heikkinen, A. 1992. Sähkön ja polttoaineiden käytön päästövertailu. Vantaa. IVO. s. 61.

Hellgrén, E. 1994. Sähkönkäyttö kääntyi vahvaan nousuun. Lehdistötiedote. Suomen Sähkölaitosyhdistys r.y. s.4.

Högrelius, J. Energistatistik för småhus 1990. Örebro, Statistiska centralen. s.36.

Johansson, L. 1993. Direktverkande elvärme nu och framtiden. Stockholm, Elvärme gruppen. s.4.

Kalevi, J. et al. 1992. Asumisen sähkönkulutus -tutkimus. Helsinki, Suomen Sähkölaitosyhdistys ry., Julkaisuraja 1/92. s. 68.

Kaljala, E. et al. 1992. Taustamuistio sähkölämmityksestä. Helsinki, IVO. s.24.

Kara, R. Virtanen, R. 1983. Sähkölämmityksen käsikirja. Helsinki, Suomen Sähkourakoitsijaliitto ry. s. 194.

Kasanen, P. 1991. Taloudelliset ohjauskeinot energian käytön hiilidioksidipäästöjen rajoittamisessa. Helsinki, Etla C61. s.98.

Kauppinen, H. 1993. Maakaasuyhdistys r.y. Haastattelu 13.9.

Kekkonen, J. 1993. Kauppa- ja teollisuusministeriö. Puhelinkeskustelu 12.11.

Kekkonen, J. et al. 1993. Ympäristöperusteinen energiaverotus; Ympäristötaloustoimikunnan osamietintö. Helsinki, Ympäristöministeriö, työryhmän mietintö 1/93. s. 97.



- Kohonen, R.* 1991. LVIS-2000 Rakennusten energia- ja automaatiojärjestelmät. Helsinki, KTM, B 90. s.91.
- Kohonen, R.* 1993. VTT. LVI-tekniikan laboratorio. Haastattelu 16.9. 1993.
- Koivisto, H.* 1993. Lämpölaitosyhdistys ry. Haastattelu 14.9.
- Kouhia, I et al.* 1991. Matalaenergiapientalo osa II. Espoo, ETRR. s.23.
- Kääriäinen, S.* 1993. Elämää energiapolitiikan jälkeen. Demari, 7.10. s. 9.
- Lappalainen, M.* 1993. Suur-Savon Sähkö Oy, Haastattelu 8.9.
- Lehikoinen, S. Haapakoski, M.* 1986. Pientalojen koealue- ja lämmitystapaprojektin jatkoseuranta. Helsinki, IVO, Tutkimusraportteja A 6/86. 22 s.
- Lehikoinen, S. et al.* 1986. Pientalojen lämmitysjärjestelmien saneerausprojekti. Helsinki, IVO, Tutkimusraportteja A 12/86. 97 s.
- Lehto, K.* 1993. Sähkötarkastuskeskus. Puhelinkeskustelu. 12.11.
- Lemay, O.* 1993. Heating in small houses in Quebec. Quebec, Hydro-Quebec. s.5.
- Lepistö, A.* 1991. Energiansäästöprojekti. Helsinki, KTM, B:100. s. 128.
- Leppänen, P.* 1993. Matalaenergiarakentaminen. In: Leppänen, P.(toim). Mepi-aineistoa. Helsinki, VTT. s. 1-2.
- Lohi, M.* 1993. Uuden polven järjestelmähyödyt ulottuvat ilmastoinnista kaukolämpöön. Talotekniikka 1/93. s. 16-18.
- Lund, P.* 1993.TKK, Nemo-projekti. Haastattelu 6.10.
- Markelin, T.* 1991. Älykäs rakennus - tietoyhteiskunnan tuotantolaitos. Helsinki, Helsingin kauppakorkeakoulu, työseminaari. s.25.
- Melasniemi-Uutela, H.* 1992. Energiankulutuksen muutos ja perhevaihe. Helsinki, Tilastokeskus, Helsingin yliopiston sosiaalipsykologian laitoksen energiajulkaisuja 6/92. s.37
- Merivaara R.* 1993. LVI-keskusliitto ry. Haastattelu 15.9.
- Nygrén, K.* 1993. Huonekohtainen sähkölämmitys, testituloksia. Helsinki, IVO. s. 21.
- Nyman, M.* 1990. Absorptiolämpöpumppu. In: Anon. Rakennusten energiajärjestelmät -seminaari, Espoo, LVIS-2000. s.222.
- Ojanperä, M.* 1993. Kiinteistön elinkaarianalyysiin ja uuden tekniikan hankinnan kannattavuuteen. Vantaa. IVO. s.11.
- Oravainen, H.* 1993. Katalyyttinen poltto tulisijoissa. Jyväskylä, VTT, Poltto- ja lämpötekniikan lab. s.13.
- Orjala, M.* 1993. VTT Poltto- ja lämpötekniikan lab. Haastattelu 10.9.
- Paananen, A.* 1993. Suomen sähkö on yhä Euroopan halvimpia. Sähköuutiset 1.9. s. 16-17.
- Parkkinen, M.* 1993. Pientaloprojektin koekohteiden energiankulutus 1983 - 1991. Vantaa, IVO, Tutkimusraportteja A 4/93. s.23

- Parkkinen, P.* 1990. Asuntovarallisuus. Helsinki, Taloudellinen suunnittelukeskus. s.144.
- Partanen, P.* 1993. Kainuun Valo Oy. Haastattelu 9.10.
- Partanen, P.* 1991. Säästöistä puhuminen ei säästä. Sähköurakoitsija 1. s. 44-47.
- Puhakka, P.* 1993. KTM Energiaosasto. Haastattelu 17.9.
- Pöyhönen, V.*1993. Imatran Voima Oy. Haastattelu 25.8.
- Rantanen, P.* 1990. Pientalon lämmitysjärjestelmien investointikustannukset. Helsinki, IVO, Verto laskentaohjelma.
- Riikonen, A. et al.* 1992. Onko maakaasun käyttömme eurokunnossa. Kaasuviesti 6. s.22-25.
- Romppanen, A. Leppänen, S.*(toim) 1993. Avautuva Suomi, tulevaisuuden haasteet. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus. s.285.
- Ruuskanen, A. et al.* 1993. Kotitaloussähkön hyödyntyminen lämmityksessä. Vantaa, IVO A 3/93. s.80.
- Sarja, A.* Energiansäästö ja puhdas sisäilma eivät saa lisätä rakennuskustannuksia. In: Leppänen,P. (toim). Mepi aineistoa. Helsinki, VTT. s. 6-7.
- Simola, I.* 1989. Sähkölämmityksen säästö väliraportti I. Helsinki. s. 21.
- Suomivuori, M.* 1990. Tunnetason energiaa. Kaasuviesti 2. s.22-23.
- Tervo, P.* 1993. Ympäristöperusteinen energiaverotus. Energiakatsaus, 2. s. 11-14.
- Tiusanen, P.* 1993. Ehdotus sähkömarkkinaiksi. Sähköuutiset 3-4.s. 12-19
- Valjus, J. et al.* 1989.Sisäilmasto, sähkölämmitys ja asumisterveys. Helsinki, IVO, A 8/89. s. 89.
- Wikman, K.* 1992. Aurinkoenergian käyttö käyttöveden lämmityksessä. Espoo. TKK, Tietotekniikan osasto, d-työ. s.97.
- Virolainen, P.* 1993. Sähkölämmitteisten ikkunalasien käyttäjätutkimus. Vantaa. IVO. s. 25.
- Väisänen, J.* 1993. Imatran Voima Oy. Puhelinkeskustelu 18.11.
- Välimaa, M.* 1993. Hämeen Sähkö Oy. Haastattelu 10.9.
- Zöllner, J.* 1993. Heating in Germany. Frankfurt am Main, Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung e.V. s.2.



## LASKENTAMALLIN LÄHTÖARVOT

Lähtöarvot on valittu alan kirjallisuudesta ja asiantuntijoiden haastattelujen perusteella. Investointikustannukset on saatu Imatran Voima Oy:ssä kesällä 1990 tehdyn tutkimuksen /Rantanen 1990/ arvoja indekseihin korjaamalla.

### PERUSTILA

*Taulukko 1: Perustilan parametrien arvoja*

PARAMETRI	LÄHTÖARVOT	HUOMAUTUKSIA
ASTEPÄIVÄLUKU	4366 (Cvrk/a)	Hki-Vantaa /Suomen Kiinteistölehti 1992/
PINTA-ALA	120 (M2)	
ASUKKAITA	4 (kpl)	
TAKAISIN-MAKSUAIKA	25 (a)	
KORKO	5 (%)	
LTO	ON	65 %:ssa uusista pientaloista /Talotekn. syys 1993/
OSUUS LÄMMITYSENERGIAN-KULUTUKSESTA	40 (%)	/Suominen 1992/
SÄHKÖKIUAS	ON	Yli puoleen myös uusista öljylämmitystaloista /Pöyhönen 1993/
LTO		
VUOSIHYÖTYSUHDE	60 (%)	/Heinonen 1989/
TALOUSSÄHKÖSTÄ PÄIVÄLLÄ	73 (%)	/Kara 1983/
VARAAVA LATTIALÄMMITYS TALON ALASTA	45 (%)	Vain katto- ja lattialämmityksessä
SUORA LATTIALÄMMITYS TALON ALASTA	15 (%)	Katto- ja lattialämmityksen sekä sähköpatterien kosteat tilat
KATTOLÄMMITYS TALON ALASTA	40 (%)	Vain katto- ja lattialämmityksessä
TILAN ARVO	3000 mk/m2	/Rantanen 1990/
LISÄLAITTEISTA HYÖDYNTYY	30 (%)	Lisälaitteet, kuten kiertovesipumppu usein teknisissä tiloissa
KAUKOLÄMMÖN MITOITUSTEHO	0.06 (kW/m2)	/Nuutila 1993/
VARAAVASTA LATTIA-LÄMMITYKSESTÄ YÖLLE	80 (%)	Laitteiston kustannukset laskettu tälle varaavuudelle
VESIKIERTOISEN SÄHKÖ-LÄMMITYKSEN VARAAVUUS	90(%)	Laitteiston kustannukset laskettu tälle varaavuudelle

Taulukko 2: Investointikustannukset

	ALA1 (m2)	INVESTOINTI1 (mk)	ALA2 (m2)	INVESTOINTI2 (mk)
LATTIALÄMMITYS	10		120	
SÄHKÖLÄMMITYS		3300		20800
SÄHKÖLÄMMITYS VESIKESKUS				
KAUKOLÄMMITYS				
PUULÄMMITYS				
ÖLJYLÄMMITYS				
KATTOLÄMMITYS	120		200	
SÄHKÖLÄMMITYS		13700		19000
SÄHKÖLÄMMITYS VESIKESKUS				
KAUKOLÄMMITYS				
PUULÄMMITYS				
ÖLJYLÄMMITYS				
PATTERILÄMMITYS	120		200	
SÄHKÖLÄMMITYS		9200		14600
SÄHKÖLÄMMITYS VESIKESKUS		16200		24000
KAUKOLÄMMITYS		16200		24000
PUULÄMMITYS		16200		24000
ÖLJYLÄMMITYS		16200		24000
ÖLJYSÄILIÖ	120		200	
ÖLJYLÄMMITYS		6000		11000
RAK.TEKN. LISÄTYÖT	120		200	
PUULÄMMITYS		2900		3900
SÄH.TEKN. LISÄTYÖT	120		200	
SÄHKÖLÄMMITYS PATERIT		2300		2900
SÄHKÖLÄMMITYS KATTO/LATTIA		2200		3100
SÄHKÖLÄMMITYS VESIKESKUS		2500		3400
KAUKOLÄMMITYS		1050		1250
ÖLJYLÄMMITYS		1050		1250
KATTILA TAI VARAAJA	120		200	
SÄHKÖLÄMMITYS VESIKESKUS		17100		19300
KAUKOLÄMMITYS		15000		17000
PUULÄMMITYS		20200		23000
ÖLJYLÄMMITYS		17000		19200
TILAN KÄYTTÖ	120	LÄMMITYS- LAITTEIDEN VIEMÄ TILA (m2)	200	LÄMMITYS- LAITTEIDEN VIEMÄ TILA (m2)
SÄHKÖLÄMMITYS PATERIT		0,4		0,8
SÄHKÖLÄMMITYS KATTO/LATTIA		0,4		0,8
SÄHKÖLÄMMITYS VESIKESKUS		4		5
KAUKOLÄMMITYS		2		2
PUULÄMMITYS		6		6
ÖLJYLÄMMITYS		6		6
KÄYTTÖVESIVARAAJA	INV. (mk)	RAJA (ASUKASTA)	INV. (mk)	
SÄHKÖLÄMMITYS	5000	5	8500	



Perustilaksi kutsutaan keskimääräisen uuden pientalon perusteella valittuja lähtöarvoja. Ellei tekstissä ole erikseen mainintaa käytetään perustilan eli perustalon arvoja.

Vuosittaiset investointikustannukset lasketaan kokonaisinvestointikustannuksista tasa-annuiteettimenetelmällä. Poikkeuksen muodostaa kaukolämmön liittymismaksu, joka katsotaan ikuiseksi lainaksi. Tämän takia tälle investoinnille maksetaan vain korkoja eli sitä ei lyhennetä ollenkaan.

Ohjelma laskee rakennuspinta-alan mukaan investointikustannukset suoralta, joka kulkee kahden pinta-ala- ja kustannuspisteen kautta.

Ennen taulukon 2 ensimmäistä paksua viivaa olevissa funktioissa kustannukset välillä  $0 < x < ALA1$  saadaan 0:n ja  $ALA1$  :n väliseltä suoralta.

Ensimmäisen paksun viivan jälkeisissä tapauksissa kustannusfunktiot eivät ole yhtä alariippuvia, joten myös nollan ja  $ALA1$  :n välissä käytetään pisteiden 1 ja 2 määrittelemää suoraa.

Tilankäyttö lasketaan kuten lähinnä yläpuolella selitetty tapaus. Kustannukset tilankäytöstä saadaan, kun kerrotaan suoralta saatua pinta-alaa peruslaskentalomakkeen ylälaidassa käyttäjän määrittämällä tilakustannuksella.

Käyttövesivaraajan kustannus on porraskunktio. Normaalia suurempi käyttövesivaraaja on hankittava, jos asukkaita on enemmän kuin 5.

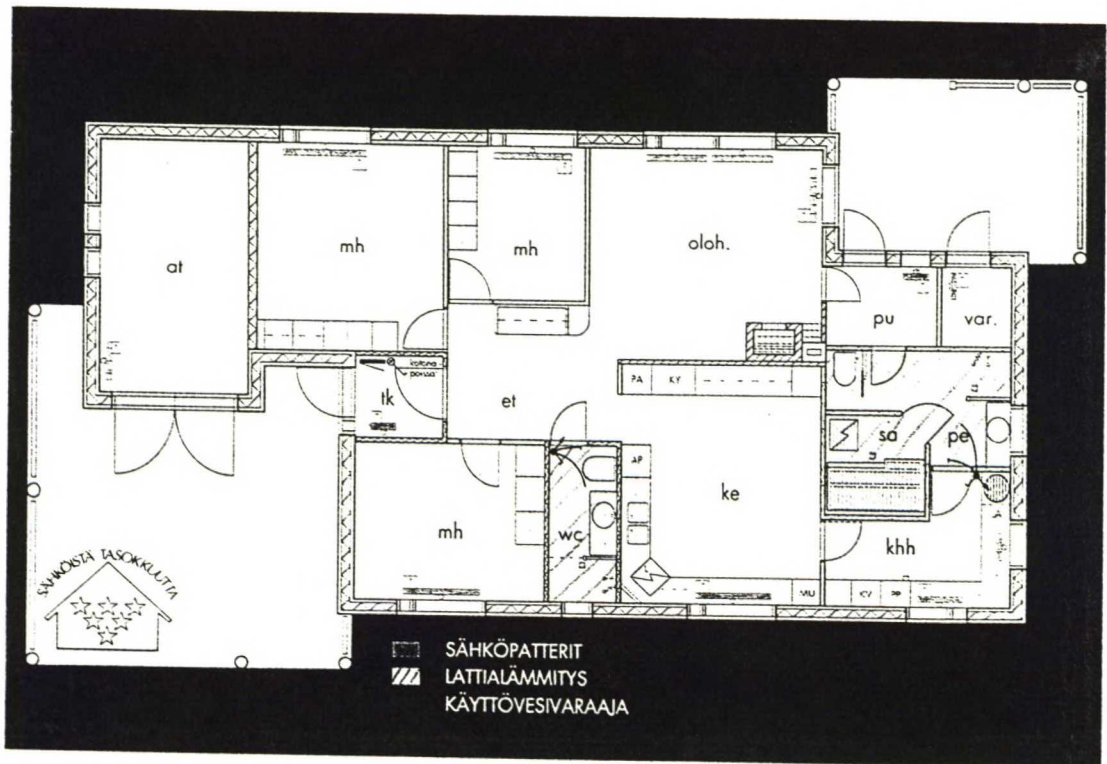
*Taulukko 3: Perustilan hyötysuhteet ja lisälaitteiden sähk6nkulutukset*

	LÄMMÖN- JAKO (%)	LÄMMÖN- TUOTANTO (%)	TALOUSSÄHKÖN HYÖDYNTYMINEN (%)	HUOLTO- KUSTANNUKSET (mk/a)	SÄHKÖ- KIUAS (kWh/a)	ÖLJY- PUMPPU (kWh/a)	KIERTOVEDI- PUMPPU (kWh/a)
SÄHKÖLÄMMITYS PATTERIT	100	100	70		1400		
SÄHKÖLÄMMITYS KATTO/LATTIA	100	100	70		1400		
SÄHKÖLÄMMITYS VESIKESKUS	99	95	68	250	1400		200
KAUKOLÄMMITYS	99	95	68	250	1400		200
PUULÄMMITYS	99	70	68	800	1400		200
ÖLJYLÄMMITYS	99	86	68	650	1400	300	200

## LASKENTAMALLIN LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN KUVAUKSET

Kaikkien kuuden lämmitysjärjestelmän investointiarvot perustuvat samalle talopohjalle tehtyihin tarjouskilpailuihin /Rantanen 1990/. Lämmitysratkaisuksi valittiin useimmiten käytetyt uusinta tekniikkaa edustavat ratkaisut.

Laskentamallin lämmitysjärjestelmiä on mahdollista vaihtaa vaihtamalla mm. katto- ja lattialämmityksen sekä toisaalta patteri- ja suoran lattialämmityksen osuuksia talon pinta-alasta. Myös investointikustannusten muutokset on helppo toteuttaa.



Kuva 1: Tarjouspyyntöjen perustana ollut pohjapiirustus. Tässä on lämmitysjärjestelmänä sähköpatterilämmitys.

### SÄHKÖLÄMMITYS, PATERIT

Kosteissa tiloissa kuten saunassa ja WC:ssä suora lattialämmitys lattiatermostaatein. Koko muu talo lämmitetään sähköpattereilla. Useampi patterisissa huoneissa säätö on vain yhdessä patterissa, joka ohjaa muita (ns. orjaohjaus). Kotona/poissa kytkimellä



voidaan huonelämpötiloja alentaa poissaolon ajaksi. Lämmin vesi tuotetaan sähkökäyttöisellä lämminvesivaraajalla.

### **SÄHKÖLÄMMITYS, KATTO- JA LATTIALÄMMITYS**

Lämmitys on toteutettu makuu- ja olohuoneisiin kattolämmityksenä. Askarteluhuone ja autotalli lämmitetään edullisempaa yösähköä käyttävällä eli varaavalla lattialämmityksellä. Kosteissa tiloissa on suora lattialämmitys. Ohjaus on tilasta riippuen toteutettu, joko lattiatermostaatein tai huonetermostaatein. Kellokytkin ohjaa huonetilojen yö- ja päivälämpötiloja sekä varaavien lattioiden yöaikaista lämmön varausta. Lämmin vesi tuotetaan sähkökäyttöisellä lämminvesivaraajalla.

### **SÄHKÖLÄMMITYS, VESIKIERTOINEN**

1,5 m<sup>3</sup> varaajan vesi on mitoitettu lämmitettäväksi n. 90 %:sti yösähköllä. Lämpö jaetaan termostaattiventtiilillisillä vesipattereilla. Pattereiden menoveden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan. Kosteissa tiloissa on suora lattialämmitys.

### **KAUKOLÄMMITYS**

Kaukolämpövaihtimella siirretään lämpö kaukolämpöverkosta oman talon lämmitysverkostoon. Lämpö jaetaan termostaattiventtiilillisillä vesipattereilla. Pattereiden menoveden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan.

### **PUULÄMMITYS**

Vesikeskuslämmitys toteutettuna puukattilalla ja 2,5 m<sup>3</sup> vesivaraajalla omaan tekniseen tilaansa. Lämpö jaetaan termostaattiventtiilillisillä vesipattereilla. Pattereiden menoveden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan.

### **ÖLJYLÄMMITYS**

Öljylämmityskattila ja lujitemuovinen öljysäiliö valuma-altaineen sijaitsevat omassa teknisessä tilassaan. Lämpö jaetaan termostaattiventtiilillisillä vesipattereilla. Pattereiden menoveden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan.

## SKENAARIOIDEN LÄHTÖARVOT

### Yhteiset muutokset

Asukasluku 3 ja sähkölämmityksen lähtöarvoina  
käytetään lattia/kattolämmitysjärjestelmää. Muuttumattomat arvot kts. liite 1.

### Matalaenergia

Energian hinta	% nykyisestä
Sähkö	200%
Kaukolämpö	150%
Öljy	150%

	% nykyisestä
Huoltokustannukset	50%
Investointikustannukset	50%
Lisälaitteiden sähkön kulutus	75%
Kaukolämmön mitoitusteho	50%

Energian tarve	% nykyisestä
Lämmitys	25%
Lämmin vesi	75%

	Uudet arvot
Taloussähkön hyödyntyminen	-10%
Ilmanvaihdon osuus lämmön kulutuksesta	80%



**RAUHALLINEN KEHITYS**

Energian hinta	% nykyisestä
Sähkö	175%
Kaukolämpö	150%
Öljy	125%
Halvemman tariffin sähkö	125%

	% nykyisestä
Huoltokustannukset	75%

Energian tarve	% nykyisestä
Lämmitys	90%
Taloussähkö	120%

	Uudet arvot
Ilmanvaihdon osuus lämmön kulutuksesta	50%